

SOL AU NOM DE LA LOI

LA POLITIQUE FÉDÉRALE EN MATIÈRE
D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
S'EST DURCIE CES DERNIÈRES ANNÉES
AVEC L'INTRODUCTION DE NOUVEAUX
INSTRUMENTS LÉGISLATIFS. LE POINT
SUR LA SITUATION.

L'INVITÉ
JACQUES ATTALI
ET L'INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE
PAGE 36

EXTRA-MUROS
CHASSE AU ZIRCON
DANS LES MONTAGNES
DE NAMIBIE
PAGE 40

TÊTE CHERCHEUSE
AUGUSTE DE LA RIVE,
UN PHYSICIEN FÉRU
DE DIPLOMATIE SECRÈTE
PAGE 44



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

LE MEG, MUSÉE D'ETHNOGRAPHIE DE GENÈVE
ET
ARTS D'AUSTRALIE • STÉPHANE JACOB, PARIS



En partenariat avec L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE



PRÉSENTENT

AUSTRALIE : LA DÉFENSE DES OCÉANS L'ART DES GHOSTNETS

AUSTRALIA: DEFENDING THE OCEAN GHOSTNET ART

GENÈVE / GENEVA

8 NOV. 2017 – 12 JAN. 2018

UNIVERSITÉ DE GENÈVE UNI DUFOUR
UNIVERSITY OF GENEVA

www.unige.ch/-/ghostnets

Une coproduction



En collaboration avec



En partenariat avec



Jeannie Holroyd, Méduse #1, filet de pêche, grillage de cage à oiseau, boucles plastique, câble recyclé, corde, peinture émail et acrylique, 150 x 43 x 43 cm, 2016

04 ACTUS

RECHERCHE

10 ASTRONOMIE
ÉCLAIRS ET
TREMLEMENTS DANS
L'«ESPACE-TEMPS»



La collision et la fusion de deux étoiles à neutrons dans l'Univers profond ont généré simultanément une onde gravitationnelle et un sursaut gamma. Les deux signaux ont mis 120 millions d'années à parvenir sur Terre.

14 ÉCONOMIE
DES STATISTIQUES
POUR SAUVER LE
REQUIN-MARTEAU

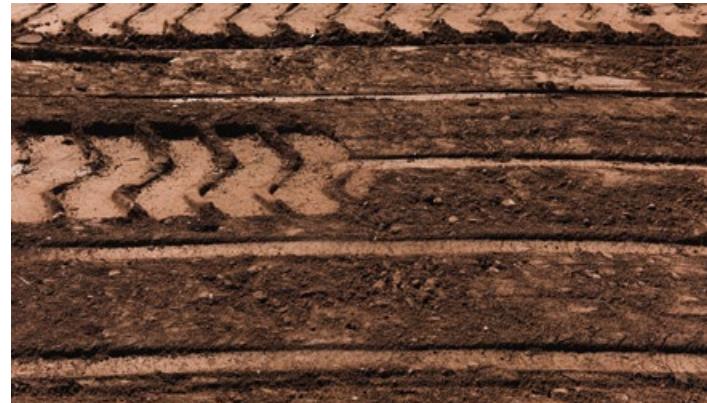


Prédire avec une meilleure précision les prises accidentelles liées à la pêche industrielle, c'est ce que propose le nouveau modèle statistique développé par Eva Cantoni et ses collègues.

16 PSYCHOLOGIE
LE JEU VIDÉO
D'ACTION, BON
POUR LA TÊTE

Jouer quelques heures par semaine à des jeux vidéo d'action suffit à améliorer ses facultés cognitives spatiales, attentionnelles et perceptives. La preuve par une mété-analyse réalisée par des chercheurs genevois.

DOSSIER SOL: AU NOM DE LA LOI



18 GENÈVE À LA CONQUÊTE
D'ESPACE

Le canton ambitionne de créer 50 000 logements d'ici à 2030. Faute de place disponible, il s'agira de densifier partout où la chose est possible pour y parvenir. Tour d'horizon.

24 LE SOL ET L'ARGENT DU SOL

En Suisse, les mesures d'aménagement du territoire génèrent des bénéfices s'élevant à plusieurs milliards par an. Une étude évalue les moyens dont disposent les pouvoirs publics pour capter une partie de cette manne.

28 LA «LAT» VERSION 2.0.
MODE D'EMPLOI

Effectuée en deux temps, la révision de la Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) marque le retour en force de la Confédération. Explications avec le juriste Thierry Tanquerel.

30 QUAND BIODIVERSITÉ
RIME AVEC PRODUCTIVITÉ

Salvatore Di Falco, professeur à la Faculté d'économie et de management, montre que la baisse de fertilité des sols, causée par leur surexploitation, peut être compensée par l'augmentation de la diversité des espèces de plantes cultivées.

32 GENÈVE CONVOITE
AVEC PRUDENCE LES
CALORIES DE SON SOUS-SOL

La chaleur située sous la surface présente un potentiel énergétique considérable. Le canton, qui bénéficie de conditions géologiques favorables, aimerait bien exploiter cette manne en forant à grande profondeur avec l'aide des chercheurs de l'Université

Photo de couverture: istock

RENDEZ-VOUS



36 L'INVITÉ
LA MACHINE FACE
AU CERVEAU HUMAIN

Les risques liés au développement de l'intelligence artificielle sont réels mais surestimés, selon Jacques Attali. À condition toutefois de conserver un moyen de débrancher le système à tout moment.

40 EXTRA-MUROS
CHASSE AU ZIRCON
EN NAMIBIE

Une couche de cendres volcaniques vieille de plus de 500 millions d'années a permis de dater avec une précision inédite une période géologique marquée par un foisonnement exceptionnel des formes de vie: l'explosion cambrienne.

44 TÊTE CHERCHEUSE
DE LA RIVE, SAVANT
FÉRU DE DIPLOMATIE

Ce professeur de physique, chercheur et parlementaire genevois, a été chargé en 1860 d'une mission de la «dernière chance» visant à empêcher l'annexion de la Savoie par la France.

48 À LIRE
50 THÈSES DE DOCTORAT

MARA TIGNINO REÇOIT LE PRIX «WOMEN PEACEBUILDERS FOR WATER»



Mara Tignino, maître d'enseignement et de recherche à la Faculté de droit et coordinatrice de la Plateforme pour le droit international de l'eau douce au Pôle eau Genève, a reçu le prix «Women Peacebuilders for Water» à l'occasion de la Conférence internationale «Rules of Water, Rules for Life» organisée à Milan les 27 et 28 septembre dernier. Ce prix marque le 17^e anniversaire de la Résolution 1325 du Conseil de sécurité des Nations unies sur la contribution des femmes à la construction de la paix dans les situations post-conflictuelles.

FRANÇOIS GRIN NOMMÉ ÉDITEUR EN CHEF DE LA REVUE «LPLP»



François Grin, professeur à la Faculté de traduction et d'interprétation, a été confirmé dans la fonction d'éditeur en chef de la revue «Language Problems and Language Planning» (LPLP) à partir du 1^{er} janvier 2018. LPLP est la plus ancienne des revues scientifiques internationales dans le domaine de la politique linguistique.

SCIENCES ÉCONOMIQUES

LA SÉCHERESSE AUGMENTE LE RISQUE D'ÉMEUTES

Il existe un lien systématique entre la raréfaction soudaine des ressources en eau et le déclenchement d'émeutes. L'idée n'est ni nouvelle ni surprenante mais cette association n'avait encore jamais été formellement vérifiée. C'est chose faite grâce à une étude publiée le 21 septembre dans le *Journal of Environmental Economics and Management* et dans laquelle Jérémie Lucchetti, professeur assistant à la Faculté d'économie et de management, et ses collègues ont étudié 1800 émeutes survenues sur une période de vingt ans en Afrique subsaharienne.

Jusqu'à présent, les études sur la question se sont basées sur des données trop agrégées (quantité moyenne de pluie tombée par an dans un pays entier, nombre de conflits par an et par pays) pour pouvoir établir un lien systématique entre les phénomènes de sécheresse et des tensions au sein des populations touchées.

Jérémie Lucchetti et ses collègues, dont l'analyse a englobé 43 pays peuplés d'au moins un million d'habitants dans une région caractérisée par une structure économique particulièrement tributaire de la présence d'eau, ont puisé leurs données notamment dans le SPEI (*Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index*). Il s'agit d'un indicateur qui mesure depuis un siècle les précipitations mensuelles pour chaque portion du territoire de 50 km sur 50 km et en soustrait la quantité d'eau qui s'évapore.

Les chiffres concernant les conflits ont, quant à eux, été extraits du SCAD (*Social Conflict Analysis Database*), qui recense avec précision 1800 éléments d'émeutes survenus en Afrique subsaharienne entre 1990 et 2011.

L'analyse a intégré d'autres facteurs que la sécheresse (par exemple des groupes rebelles installés à l'écart d'une capitale dans une zone désertique), non identifiés jusque-là mais susceptibles de fournir une explication alternative au déclenchement des conflits. Les auteurs rappellent d'ailleurs que la sécheresse joue en général le rôle d'élément déclencheur mettant le feu aux poudres dans une situation déjà tendue par des causes politiques, économiques et sociales. Premier constat de l'étude : les conflits liés à la sécheresse éclatent dans le même mois que le début des pénuries d'eau, montrant la réactivité des populations face à ce problème qui touche tant l'agriculture que l'économie et la santé. L'étude montre ensuite qu'une période de sécheresse augmente de 10% la possibilité d'observer une émeute un mois donné sur n'importe quelle région, qu'elle soit désertique ou non, proche des villes ou non. Les auteurs ont par ailleurs identifié trois facteurs géographiques et sociaux qui sont susceptibles d'augmenter ce pourcentage de manière significative. D'abord, lorsque la pénurie d'eau survient dans les zones les plus densément peuplées, la probabilité d'observer une émeute augmente de 50%. Ensuite, si une zone dépourvue de lac ou de rivière est frappée par la sécheresse, le risque d'y voir un conflit éclater est multiplié par deux. Enfin, lorsque plusieurs ethnies se partagent une même ressource d'eau, les arrangements institutionnels traditionnels peuvent s'écrouler temporairement en cas de pénurie, multipliant également par deux le risque de conflit.

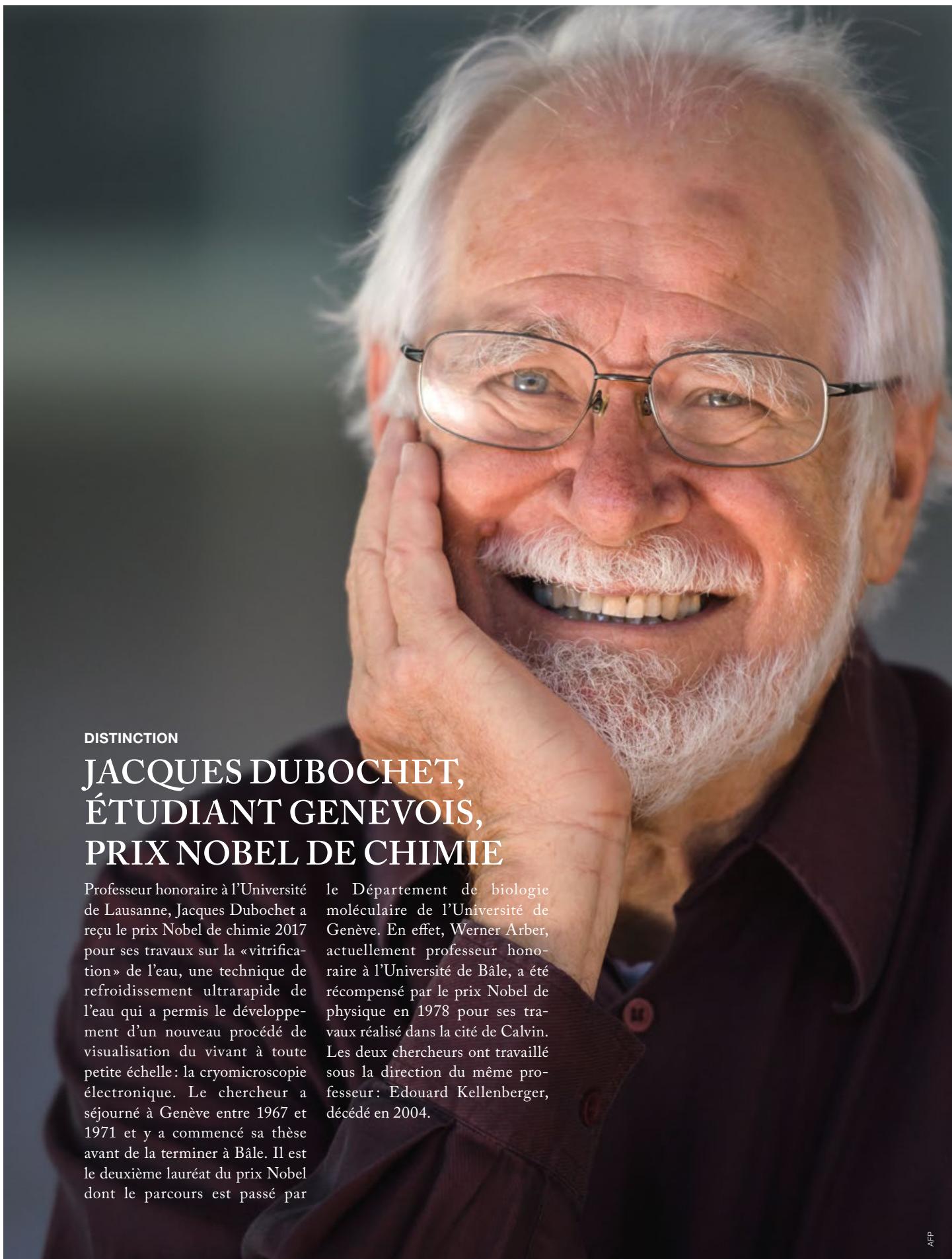
BIOLOGIE

DES HORLOGES CACHÉES DANS LES MUSCLES

Les horloges biologiques déroulent leur tic-tac un peu partout dans le corps. Elles libèrent l'hormone de la mélatonine pendant le sommeil, favorisent la sécrétion d'enzymes digestives au moment des repas et nous tiennent éveillés aux heures les plus intenses de la journée. Logée dans le cerveau, l'horloge maîtresse synchronise l'ensemble des horloges secondaires présentes dans les divers organes. Howard Riezman, professeur au Département

de biochimie (Faculté des sciences), et ses collègues ont découvert qu'une telle horloge circadienne est également à l'œuvre dans nos muscles.

Leurs travaux révèlent que les perturbations de ce mécanisme peuvent jouer un rôle important dans le développement des diabètes de type 2. Leur travail a été publié le 26 septembre dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

**DISTINCTION****JACQUES DUBOCHEZ,
ÉTUDIANT GENEVOIS,
PRIX NOBEL DE CHIMIE**

Professeur honoraire à l'Université de Lausanne, Jacques Dubochet a reçu le prix Nobel de chimie 2017 pour ses travaux sur la « vitrification » de l'eau, une technique de refroidissement ultrarapide de l'eau qui a permis le développement d'un nouveau procédé de visualisation du vivant à toute petite échelle : la cryomicroscopie électronique. Le chercheur a séjourné à Genève entre 1967 et 1971 et y a commencé sa thèse avant de la terminer à Bâle. Il est le deuxième lauréat du prix Nobel dont le parcours est passé par

le Département de biologie moléculaire de l'Université de Genève. En effet, Werner Arber, actuellement professeur honoraire à l'Université de Bâle, a été récompensé par le prix Nobel de physique en 1978 pour ses travaux réalisé dans la cité de Calvin. Les deux chercheurs ont travaillé sous la direction du même professeur : Edouard Kellenberger, décédé en 2004.

ASTRONOMIE

LES PLANÈTES DE TRAPPIST-1 ONT PEUT-ÊTRE CONSERVÉ DE L'EAU

Il pourrait bien y avoir de grandes quantités d'eau sur certaines des planètes extrasolaires appartenant au système TRAPPIST-1 et en particulier sur les trois qui sont situées dans la zone habitable de l'étoile. C'est en tout cas ce que suggèrent les résultats obtenus par une équipe internationale dirigée par Vincent Bourrier, chercheur au Département d'astronomie (Faculté des sciences). La découverte, qui relance la possibilité de détecter la présence de vie ailleurs que sur Terre, a été publiée le 31 août dans la revue *The Astronomical Journal*.

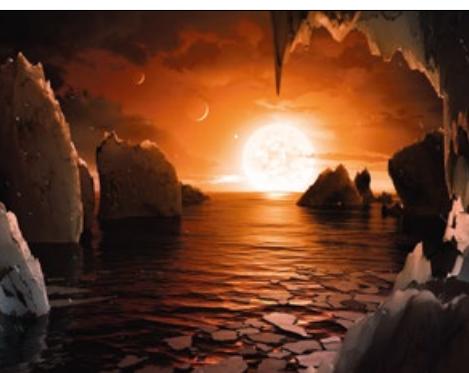
TRAPPIST-1 est une naine ultra-froide située à 40 années-lumière de la Terre. En février dernier, un nombre record de sept planètes de la taille de la Terre ont été découvertes en gravitation autour de l'astre par une équipe dirigée par des chercheurs de l'Université de Liège en Belgique. Certains de ces objets évoluent même dans la zone dite habitable, c'est-à-dire à une distance de l'étoile qui permet à l'eau de s'y trouver sous forme liquide. Encore faut-il qu'il y ait de l'eau. C'est ce que cette nouvelle étude a tenté de savoir. À l'aide du *Space Telescope Imaging Spectrograph* du télescope spatial Hubble, les astronomes ont d'abord mesuré l'intensité du rayonnement ultraviolet que les planètes reçoivent de la part de leur étoile. Il en ressort que celui-ci est tel que l'ensemble du système TRAPPIST-1 a probablement perdu des quantités d'eau très importantes au cours de son histoire.

ASTRONOMIE

FEU VERT À LA CONSTRUCTION DU CHASSEUR DE PLANÈTES «NIRPS»

L'accord formel pour la construction et l'installation de NIRPS a été signé le 7 juin 2017 par l'Université de Genève, l'Observatoire européen austral (ESO) et l'Université de Montréal. NIRPS (*Near Infra Red Planet Searcher*) est un spectrographe infrarouge conçu pour la recherche de planètes identiques à la Terre autour des étoiles les plus froides.

Une fois achevé, il sera installé sur le télescope de 3,6 m de l'ESO à La Silla au Chili en complément d'un autre spectrographe de conception genevoise, HARPS, en place depuis 2003 et sensible, quant à lui, à la lumière visible. L'objectif de NIRPS est de détecter



En particulier, les planètes les plus proches de l'étoile centrale pourraient avoir vu s'échapper l'équivalent en eau de plus de 20 océans terrestres au cours des huit derniers milliards d'années, ce qui les aurait complètement asséchées. En revanche, selon les auteurs, les planètes plus éloignées, incluant les trois situées dans la zone habitable, devraient avoir perdu beaucoup moins d'eau, laissant ouverte la possibilité qu'elles puissent contenir de la vie.

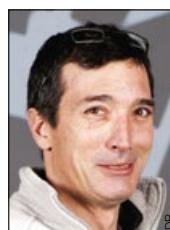
«Nos résultats suggèrent que les planètes les plus éloignées de l'étoile sont les meilleures candidates pour rechercher de l'eau avec le futur télescope spatial James Webb, estime Vincent Bourrier. Ils soulignent cependant aussi la nécessité de réaliser des études théoriques et des observations complémentaires de toutes les longueurs d'onde, dans le but de déterminer la nature des planètes de TRAPPIST-1 et leur potentiel d'habitabilité.»

SARAH OLIVIER, 3^E DE LA FINALE INTERNATIONALE DE «MA THÈSE EN 180 SECONDES»



Doctorante de la Faculté des lettres, Sarah Olivier a décroché la troisième place de la finale internationale de «Ma thèse en 180 secondes». Une vingtaine de concurrents ont relevé le défi, le 28 septembre à Liège, consistant à présenter en trois minutes leur sujet de thèse. Celle de Sarah Olivier, qui avait déjà remporté la finale genevoise et suisse, questionne la manière dont l'époque mérovingienne est réinterprétée et transmise à la fin du Moyen Âge (XIV^e et XV^e siècles) pour légitimer la position des rois de France dans une période troublée.

LE PRIX 3R 2017 A ÉTÉ DÉCERNÉ À KARL PERRON



Karl Perron, chargé d'enseignement au Département de botanique et biologie végétale (Faculté des sciences), a reçu le prix 3R 2017, récompensant la recherche alternative à l'expérimentation animale. Ses travaux portent sur l'infection des plaies chez les patients grands brûlés, qui représente un problème majeur et une cause importante de mortalité. Le chercheur genevois a étudié le comportement de bactéries pathogènes prélevées dans les exsudats de patients brûlés. Ses résultats ont permis de poser les bases pour la création d'un exsudat artificiel grâce auquel on pourrait éviter l'expérimentation animale.

ASTRONOMIE

UNE EXOPLANÈTE EXHIBE SA LONGUE CHEVELURE

Une équipe d'astronomes, dont font partie des membres du Département d'astronomie (Faculté des sciences) et du Pôle national de recherche PlanetS, a pu observer directement l'énorme panache de gaz qui s'échappe de la planète extrasolaire GJ 436b. Cette immense chevelure d'hydrogène, qui lui a valu le surnom de « monstre » (*the Behemoth*, en anglais) et donne à la planète une apparence de comète, serait due à la proximité de son étoile – une naine rouge – et à son intense rayonnement.

Cette planète, d'une taille semblable à Neptune, fait le tour de son astre central en moins de trois jours. Elle avait été détectée en 2015 déjà, mais les précédentes mesures n'avaient pas pu couvrir l'ensemble de son atmosphère impressionnante. Sa forme complète avait donc été prédictée par des simulations numériques.

Les nouvelles observations ont été effectuées à l'aide du STIS (*Space Telescope Imaging Spectrograph*), un appareil monté sur le télescope spatial *Hubble* et qui est sensible aux rayons ultraviolets. C'est dans cette gamme de longueurs d'onde, absorbées par l'hydrogène, que le phénomène s'est pleinement révélé. Ces mesures, à lire dans la revue *Astronomy*



G. BACON / ESA / NASA

et *Astrophysics*, ont permis de confirmer les prédictions.

Ce phénomène n'avait encore jamais été observé autour d'une planète extrasolaire aussi petite. Cette découverte pourrait fournir des indices sur la manière dont d'autres planètes auraient perdu toute ou une partie de leur atmosphère, ne laissant finalement qu'un cœur solide et rocheux.

Bien que très spectaculaire, cette fuite de gaz ne menace pas de vider toute l'atmosphère de la planète. Les chercheurs estiment que seuls 10% de cette dernière se seraient échappés au cours des derniers milliards d'années.

CINQ DOCTORATS « HONORIS CAUSA » REMIS LORS DU DIES ACADEMICUS

À l'occasion du Dies academicus qui s'est déroulé vendredi 13 octobre, l'Université de Genève a remis un doctorat *honoris causa* à Svetlana Alexievitch, écrivaine biélorusse et Prix Nobel de littérature 2015, Yadh Ben Achour, juriste tunisien spécialiste de droit public et des théories politiques islamiques, Michèle Vergne, mathématicienne et directrice de recherche émérite au Centre national de la recherche scientifique de Paris, François Ost, juriste et dramaturge, et Marc Lienhard, historien et théologien français. La médaille de l'Université a été décernée à Gilles Marchand, directeur général de la SSR, et celle de l'innovation à la start-up ID Quantique. Le prix mondial Nessim-Habif a récompensé Claire-Anne Siegrist, professeure à la Faculté de médecine, le prix Latsis est allé à Djemila Carron, docteure en droit, cofondatrice de la Law Clinic et membre d'InZone. Enfin, le prix d'excellence de l'UNIGE a été attribué à Ke Sun, docteur ès sciences informatiques.

ABONNEZ-VOUS À « CAMPUS » !

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau. Des rubriques variées vous attendent traitant de l'activité des chercheurs dans et hors les murs de l'Académie. L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue !

Université de Genève
Presse Information Publications
24, rue Général-Dufour
1211 Genève 4
Fax 022 379 77 29
campus@unige.ch
www.unige.ch/campus

Abonnez-vous par e-mail (campus@unige.ch) ou en remplissant et en envoyant le coupon ci-dessous :

Je souhaite m'abonner gratuitement à « Campus »

Nom

Prénom

Adresse

N° postal/Localité

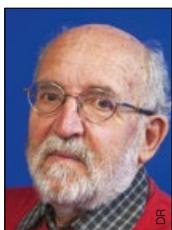
Tél.

E-mail

BIOLOGIE

CHEZ LES POISSONS-CHATS, LES DENTS POUSSENT SUR LE DOS

**MICHEL MAYOR,
OFFICIER DE L'ORDRE
DE LA LÉGION D'HONNEUR**



Michel Mayor, professeur honoraire à la Faculté des sciences et codécoureur de la première planète extrasolaire, a reçu le 11 octobre dernier les insignes d'Officier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur des mains d'Anne Paugam, ambassadrice de France en Suisse.

L'UNIQUE CRÉE UN CENTRE DE PHILANTHROPIE

L'Université de Genève, en partenariat avec les Fondations Edmond de Rothschild, la Fondation Lombard Odier ainsi qu'une fondation privée genevoise, a créé en septembre le Centre en Philanthropie. Ce dernier, dirigé par Henry Peter, professeur au Département de droit commercial (Faculté de droit), est destiné à encourager la recherche et la formation universitaire dans le domaine de la philanthropie.

L'UNIQUE PARTICIPE À LA CRÉATION DE L'«ALLIANCE CAMPUS RHODANIEN»

Cinq universités de l'Arc lémanique et de la Région Auvergne-Rhône-Alpes ont signé le 27 octobre un accord visant à créer le réseau «Alliance Campus Rhodanien» et à renforcer ainsi les synergies scientifiques entre l'Université de Genève, la Communauté Université Grenoble Alpes, la Haute école spécialisée de Suisse occidentale, l'Université de Lausanne et l'Université de Lyon.

Certains poissons-chats ont le corps recouvert de plaques osseuses, elles-mêmes hérisées de dents fines. Ces dernières, qui tombent puis repoussent régulièrement, leur servent à se défendre et à séduire les femelles. Comme ils l'expliquent dans un article paru le 18 octobre dans les *Proceedings of the Royal Society B*, Juan Montoya-Burgos et Carlos Rivera-Rivera, respectivement chargé d'enseignement et chercheur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences) ont découvert que ces dents poussent toujours sur un os, quel que soit son type, même en l'absence de plaque osseuse. Ces résultats suggèrent un rôle de l'os dans l'induction du tissu dentaire et contribuent à élucider les mécanismes permettant la régénération des dents, y compris chez l'humain.

L'apparition des dents chez les premiers vertébrés à mâchoire a permis l'émergence de super-prédateurs capables de mordre, d'agripper et de déchiqueter leurs proies. Chez la plupart des vertébrés actuels, les dents ne se développent que dans la bouche. Les poissons-chats denticulés forment toutefois une exception. Dépourvus d'écaillles, ces derniers possèdent une armure de plaques osseuses revêtues de dents fines comprenant pulpe, émail et dentine. Ces dents extra-orales, appelées odontodes, sont capables de régénération et jouent un rôle dans la défense contre les prédateurs et dans les relations entre individus. Elles peuvent s'allonger chez les mâles pendant la période de parade amoureuse.



Les chercheurs ont reconstruit l'histoire évolutive des poissons-chats en comparant certains gènes des différentes familles possédant des odontodes à ceux d'autres familles qui en sont dépourvues. Il en ressort que ces dents extra-orales sont apparues il y a près de 120 millions d'années, bien avant l'émergence des plaques osseuses.

En analysant les différentes localisations d'odontodes, les scientifiques ont découvert que chez les espèces dépourvues de plaques osseuses, ces dents se développent toujours sur une structure osseuse, comme un rayon de nageoire ossifiée. L'os possède donc vraisemblablement un rôle clé dans l'induction du tissu dentaire.

Les chercheurs tentent désormais de déchiffrer les gènes et les mécanismes moléculaires impliqués, chez les poissons-chats, dans la formation de l'os et de la dent et qui permettent à cette dernière de se développer et de se régénérer.

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

DES TUBULES POUR STOPPER LA CROISSANCE CELLULAIRE

TORC1 est un complexe enzymatique essentiel qui contrôle la croissance de nos cellules. Cependant, il peut également devenir hyper-actif et, dans ce cas, il est associé à des maladies graves telles que le cancer. Menant depuis des années des recherches sur ce composé, l'équipe de Robbie Loewith, professeur au Département de biologie moléculaire (Faculté des sciences), en collaboration avec l'École polytechnique de Lausanne et l'Université d'Auckland (Nouvelle-Zélande), a découvert un mécanisme inédit permettant au sucre de réguler l'activité de TORC1.

Il ressort de ce travail qu'en présence de sucre, les complexes TORC1 déclenchent le processus qui permet aux cellules de croître. En l'absence de sucre, toutefois, ils s'assemblent sous forme d'immenses structures tubulaires, ce qui les rend inactifs. La formation et le désassemblage de ces tubules sont faciles à observer dans les cellules vivantes, ce qui permet d'identifier des composés interférant avec ce processus pour la mise au point de nouveaux traitements-candidats anticancéreux. Ces travaux ont été publiés le 2 octobre dans la revue *Nature*.

IL Y A DES MILLIONS D'ANNÉES, LA MÉDITERRANÉE A RÉVEILLÉ LES VOLCANS EN S'ÉVAPORANT

La mer Méditerranée a vu son niveau chuter de 2000 mètres il y a plus de 5 millions d'années. Ce phénomène a eu comme conséquence de diminuer la pression exercée localement sur la croûte et le manteau terrestres tout en dopant l'activité volcanique sur tout le pourtour du bassin. Telle est la conclusion à laquelle est arrivée une équipe de géologues genevois, français et espagnols menée par Pietro Sternai, chercheur au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences). Leur travail, publié le 25 septembre dans la revue *Nature Geoscience*, apporte une validation indépendante du scénario encore débattu d'un assèchement de grande ampleur de la Méditerranée. Il ajoute également une pierre supplémentaire à une autre hypothèse selon laquelle des changements extrêmes dans les cycles hydrologiques de surface sont à même d'exercer un impact sur le magmatisme de profondeur.

Dix fois plus rapide Cette dernière idée est loin d'être absurde. Comme le rappelle un article de *New and Views* qui accompagne et remet en perspective le papier principal, la fonte d'une calotte de glace de 2 km d'épaisseur en deux mille ans peut théoriquement provoquer une décompression du manteau terrestre (favorisant la fusion du magma) dix fois plus rapide que celle générée par une remontée normale de lave. Cet effet permet d'expliquer l'augmentation de l'activité volcanique en Islande il y a 8000 à 10 000 ans, juste après la fonte de la majeure partie des glaces recouvrant l'île. On suspecte également les fluctuations du niveau des océans entre les périodes glaciaires et interglaciaires de moduler à hauteur de 10% la production de magma par les rides médo-océaniques.

Sel et canyons À cet égard, la mer Méditerranée représente un cas d'étude intéressant. Entre 5,97 et 5,33 millions d'années avant notre ère, elle a en effet été isolée de l'océan Atlantique par la fermeture du détroit de Gibraltar provoquant ce qu'on appelle la crise de salinité de l'ère Messinienne. De cette époque datent des dépôts de sel de parfois plusieurs centaines de mètres d'épaisseur répartis sur la plupart des fonds marins de la Méditerranée. Ils ont vraisemblablement été formés à la suite de



Détroit de Gibraltar aujourd'hui. Des mouvements tectoniques ont fermé ce passage il y a 6 millions d'années, isolant la mer Méditerranée de l'océan Atlantique.

l'évaporation massive de l'eau de mer au cours des centaines de milliers d'années qu'a duré l'isolement. Ce scénario de l'assèchement de la Méditerranée est largement accepté, mais c'est son ampleur qui divise encore la communauté scientifique. La controverse vient surtout de la découverte, sur des terres aujourd'hui profondément immergées, d'importants canyons sous-marins datant de la même période et creusés par des rivières.

Deux fois plus d'éruptions En analysant les archives géologiques sur divers sites tout autour de la mer Méditerranée, Pietro Sternai et ses collègues ont d'abord noté que le taux d'éruptions volcaniques y est presque deux fois plus important durant la seconde moitié de la crise de salinité du Messinien (c'est-à-dire lorsque les effets de l'assèchement se font le plus sentir) que durant les périodes précédentes et suivantes. Pour tenter d'y voir plus clair dans les causes de cette anomalie, les géologues ont modélisé l'évolution au cours du temps de la pression exercée par l'eau et les sédiments sur les fonds marins. Ils ont ainsi pu reproduire leur impact sur la production de magma.

Les modèles ont testé plusieurs scénarios différents. Et celui qui reproduit le plus fidèlement les données volcaniques que les géologues ont récoltées sur le terrain correspond à une diminution du niveau de la mer d'environ 2 km. Des modélisations géodynamiques ont par ailleurs révélé que si les fluctuations de pression sont assez importantes et rapides, elles ont pu être transmises à travers la croûte terrestre jusqu'aux bords de la Méditerranée et même à des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres, là où justement les éruptions volcaniques ont eu lieu durant la crise messinienne.

Dix mètres par jour L'ensemble des résultats obtenus par les auteurs de l'article est donc concordant avec le scénario d'une baisse rapide (selon les échelles temps géologiques) et très importante du niveau de la mer Méditerranée, tout en étant synchronisé avec une recrudescence subite de l'activité volcanique sur le pourtour de la Méditerranée.

Le bouleversement majeur qu'a été la dessication de *Mare Nostrum* a été suivi par un autre de bien plus grande ampleur: sa remise en eau. Il y a 5,33 millions d'années, en effet, l'Atlantique a finalement retrouvé son chemin à travers le détroit de Gibraltar et a commencé à se déverser dans la mer intérieure. Une étude parue dans la revue *Nature* du 10 décembre 2009 estime que le débit de la cataracte devait dépasser de 1000 fois celui du fleuve Amazone. Il est possible que 90% des eaux aient été transférées durant une courte période, entre quelques mois et deux ans, ce qui a dû se traduire par une montée du niveau de la mer extrêmement abrupte avec des pics de plus de 10 mètres par jour.

ONDES GRAVITATIONNELLES

ÉCLAIRS ET TREMBLEMENTS DANS L'« ESPACE-TEMPS »

LA COLLISION ET
LA FUSION DE DEUX
ÉTOILES À NEUTRONS
DANS L'UNIVERS
PROFOND ONT GÉNÉRÉ
SIMULTANÉMENT UNE ONDE
GRAVITATIONNELLE
ET UN SURSAUT GAMMA.
LES DEUX SIGNAUX ONT MIS
120 MILLIONS D'ANNÉES
À PARVENIR SUR TERRE
ET À ÊTRE DÉTECTÉS PAR
DES INTERFÉROMÈTRES
GÉANTS ET DES
TÉLESCOPES SPATIAUX.

Le 17 août 2017, à 14h41, LIGO, un interféromètre géant installé aux États-Unis, enregistre le passage d'une onde gravitationnelle. L'événement est déjà remarquable en soi. Mais ce n'est pas tout. À peine deux secondes plus tard, le télescope spatial FERMI de la NASA détecte un sursaut gamma, c'est-à-dire un flash électromagnétique très énergétique venu de l'espace profond. Cette coïncidence temporelle inédite met immédiatement la communauté des astronomes en alerte, en particulier au sein de l'*Integral Science Data Center* (ISDC) du Département d'astronomie (Faculté des sciences), situé à Ecogia près de Genève. Sans attendre, les chercheurs genevois passent en revue les données fournies par INTEGRAL, un satellite qui mesure lui aussi les rayons gamma. Il ne leur faut que quelques minutes pour découvrir le signal du sursaut gamma. À peine douze heures plus tard, le télescope spatial SWIFT, sensible aux ultraviolets, et des mesures effectuées dans l'infrarouge par le VLT (*Very Large Telescope*) au Chili permettent d'identifier une nouvelle source lumineuse dans la galaxie NGC 4993, située à 120 millions d'années-lumière de la Terre. Les derniers doutes s'envolent: tous ces appareils ont mesuré de manière indépendante le même événement: la collision et la fusion de deux étoiles à neutrons.

«*Cette découverte est extraordinaire à plusieurs titres, s'enthousiasme Carlo Ferrigno, chercheur à l'ISDC et coauteur d'un des trois articles*

*traitant du sujet parus le 16 octobre dans la revue *Astrophysical Journal Letters*. C'est la première fois que l'on mesure une onde gravitationnelle générée par la collision de deux étoiles à neutrons. Toutes les précédentes provenaient en effet de la fusion de trous noirs, des objets nettement plus massifs. C'est également la première fois que l'on mesure une onde gravitationnelle et un sursaut gamma provenant de la même source. Un coup de chance qui apporte la preuve que certains de ces mystérieux sursauts gamma, étudiés depuis maintenant soixante ans, peuvent être produits par la collision entre deux étoiles à neutrons.»*

«C'EST LA PREMIÈRE FOIS QUE L'ON MESURE UNE ONDE GRAVITATIONNELLE ET UN SURSAUT GAMMA PROVENANT DE LA MÊME SOURCE»

Ronds dans l'eau Les ondes gravitationnelles représentent des perturbations de l'espace-temps provoquées par n'importe quel objet possédant une masse et soumis à une accélération. Elles se propagent dans le vide un peu comme les ronds dans l'eau mais en trois dimensions et à la vitesse de la lumière. L'existence de tels «tremblements

Une étoile à neutrons
représente le reste du cœur d'une étoile après son explosion sous forme de supernova.

Un tel objet est presque exclusivement formé de neutrons. Sa masse correspond à une ou deux fois celle du Soleil, mais l'ensemble est compressé dans une sphère d'environ 10 km de rayon (celui du Soleil valant près de 700 000 km).

On atteindrait une même densité si l'on faisait entrer l'humanité entière dans une coquille de noix.

Ci-contre, **vue d'artiste** d'une collision entre deux étoiles à neutrons.



d'espace-temps» a été prédite il y a un siècle par Albert Einstein sur la base de sa théorie de la relativité générale.

Les astronomes ont apporté une première confirmation indirecte de ce phénomène en 1975 grâce à l'étude de pulsars binaires. Ces systèmes de deux étoiles dont un des membres est une étoile à neutrons voient en effet leur énergie de rotation diminuer sensiblement dans le temps comme si celle-ci s'échappait sous forme d'ondes gravitationnelles. Un phénomène que prédit justement la théorie.

Il faut toutefois attendre septembre 2015 pour que survienne la première observation directe. Elle est l'œuvre de LIGO, un observatoire composé de deux interféromètres géants, l'un situé dans l'État de Washington et l'autre dans celui de Louisiane (voir *infographie page 13*).

«L'amplitude des ondes gravitationnelles est très, très faible, souligne Carlo Ferrigno. *LIGO* a été conçu pour pouvoir mesurer une variation mille fois plus petite que le noyau d'un atome. Cela revient

à détecter une différence aussi ténue que l'épaisseur d'un cheveu (0,5 millimètre) par rapport à une distance aussi grande que celle qui sépare le Soleil de l'étoile la plus proche (*Proxima du Centaure*, 4,22 années-lumière).»

Flashes cosmiques Les sursauts gamma, quant à eux, sont des phénomènes qui surviennent aléatoirement dans le ciel. Depuis la Terre, ils apparaissent comme des flashes de rayons gamma (photons très énergétiques) plus ou moins brefs (quelques secondes à quelques minutes). Quand les scientifiques ont réalisé que ces événements se déroulaient non pas dans notre galaxie mais à des distances beaucoup plus grandes, ils ont dû se rendre à l'évidence: il s'agit des explosions les plus puissantes de l'Univers, surpassant de loin les supernovae.

L'étude des sursauts gamma, commencée il y a plus de 50 ans, a connu une avancée décisive avec le satellite italien Beppo Sax dans les années 1990. Depuis, les astronomes ont recensé

et analysé un grand nombre de ces événements. Les sursauts gamma ont pu être classés en différentes catégories selon les caractéristiques du flash initial et de l'émission rémanente. Cette dernière est visible plusieurs jours, voire plusieurs semaines, dans les domaines des rayons X, des micro-ondes, des ondes radio ou encore de la lumière visible. Pour alimenter les hypothèses permettant d'expliquer la survenue de tels cataclysmes cosmiques, il a fallu imaginer les événements les plus monstrueux possible: collisions d'étoiles à neutrons, explosions d'une étoile supergéante ou encore absorption d'une étoile géante par un trou noir.

Coupler les alertes C'est justement dans l'espoir de confirmer l'une ou l'autre de ces hypothèses que la communauté astronomique a décidé en 2013 de coupler les alertes générées par la détection de sursauts gamma (à l'aide de plusieurs satellites dont FERMI et INTEGRAL) avec celles enclenchées par la mesure d'une onde



gravitationnelle (grâce à LIGO et VIRGO, un autre interféromètre construit en Italie près de Pise).

Dès le départ, les chercheurs misent sur la collision entre des étoiles à neutrons. Celle entre deux trous noirs, à l'origine des quatre ondes gravitationnelles mesurées à ce jour, ne provoque en effet théoriquement pas de sursauts gamma.

«Nous pensions devoir attendre une centaine de détections d'ondes gravitationnelles causées par la fusion d'étoiles à neutrons avant que ne survienne une première alerte simultanée, explique Volodymyr Savchenko, également chercheur à l'ISDC et premier auteur d'un des articles. La grande surprise est venue du fait que la première était la bonne.»

Trois minutes avant l'impact Ce fameux 17 août, le signal est mesuré par les deux interféromètres LIGO mais avec un petit décalage temporel entre celui de Louisiane et celui de l'État de Washington. Cette fraction de seconde de différence

a permis, dans un premier temps, de déterminer approximativement la direction de la source quelque part dans la constellation de l'hydre. La forme de l'onde montre une augmentation progressive de l'amplitude durant trois minutes avant d'atteindre un maximum et de disparaître rapidement. L'analyse de la courbe a ensuite

fourni une première approximation des masses en présence, à savoir celles des étoiles à neutrons, et de la distance de la source.

«Les deux étoiles à neutrons se sont vraisemblablement rapprochées en se tournant autour de plus en plus vite, imagine Carlo Ferrigno. Dans les derniers instants avant l'impact, elles devaient être terriblement déformées, dans des conditions de

«DANS LES DERNIERS INSTANTS AVANT L'IMPACT, LES ÉTOILES À NEUTRONS DEVAIENT ÊTRE TERRIBLEMENT DÉFORMÉES, DANS DES CONDITIONS DE CHALEUR ET DE DENSITÉ INIMAGINABLES»

chaleur et de densité inimaginables, jusqu'à s'effondrer et générer l'onde gravitationnelle. Le sursaut gamma, lui, a été produit deux secondes après selon un mécanisme lié à l'expulsion de matière mais qui reste encore à préciser. On ignore cependant sur quoi cette collision a débouché: une étoile à neutrons plus grosse ou un trou noir?»

LE PRIX NOBEL POUR LES ONDES GRAVITATIONNELLES

Le 3 octobre, l'Académie royale des sciences de Suède a remis le prix Nobel de physique 2017 à Rainer Weiss, Barry C. Barish et Kip S. Thorne. Les travaux de ces trois physiciens américains ont contribué de manière décisive à la conception des détecteurs d'ondes gravitationnelles LIGO et VIRGO et, surtout, à l'observation de ces perturbations de l'espace-temps prédictes par

Albert Einstein il y a un siècle. La première onde gravitationnelle a été détectée le 14 septembre 2015. Elle a été générée par la collision entre deux trous noirs. Elle a mis 1,3 milliard d'années pour arriver jusqu'au détecteur LIGO aux États-Unis. Le signal était très faible en arrivant sur Terre, mais les ondes gravitationnelles représentent d'ores et

déjà une nouvelle technique d'observation de l'Univers, du moins des événements les plus violents qu'il abrite. Les deux interféromètres laser LIGO (dans l'État de Washington et en Louisiane) et VIRGO (construit dans la région de Pise en Italie) sont des collaborations internationales impliquant plus de 1000 chercheurs venus de nombreux pays.

Dès les années 1970, Rainer Weiss (qui se voit attribuer la moitié de la somme du prix) avait analysé les sources possibles d'ondes gravitationnelles et imaginé un détecteur capable de les mesurer. Une grande part du mérite revient également aux deux autres lauréats Kip Thorne et Barry Barish qui ont mené à terme le projet.

LA CAPTURE D'UNE ONDE GRAVITATIONNELLE

Quo qu'il en soit, rapidement après la détection de l'onde et du flash, les télescopes du Chili, dont le VLT européen et le Grand réseau d'antennes millimétrique/submillimétrique de l'Atacama (ALMA), se sont dirigés vers la source supposée dans l'espoir d'enregistrer l'émission rémanente qui suit chaque saut gamma. Ils ont été accompagnés par des télescopes spatiaux tels que Swift (sensible au UV), Chandra, (rayons X) et Hubble (lumière visible).

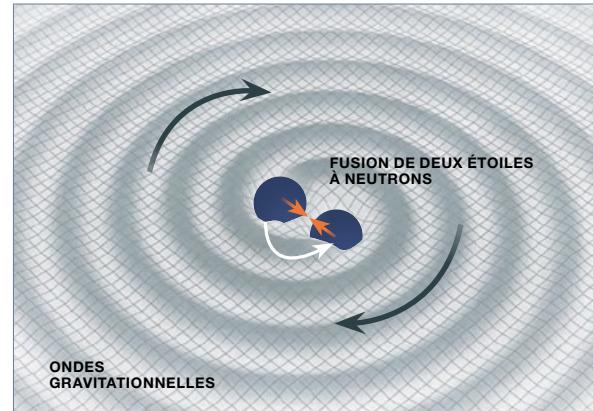
La première «kilonova» En moins de douze heures, trois groupes ont ainsi réussi à photographier le point lumineux apparu ce jour-là dans le ciel. C'est ainsi que les astronomes ont pu désigner avec précision la position de la source, c'est-à-dire dans la marge de la galaxie NGC 4993, située à 120 millions d'années-lumière.

L'analyse de l'émission rémanente dans la gamme du rayonnement ultraviolet, optique et infrarouge a, quant à elle, permis la première observation d'une «kilonova», c'est-à-dire le signal généré par la désintégration radioactive de métaux lourds qui ont été formés juste après la collision par l'absorption de neutrons, et qui ont été expulsés à une vitesse de 100 000 km/h par la force de l'événement.

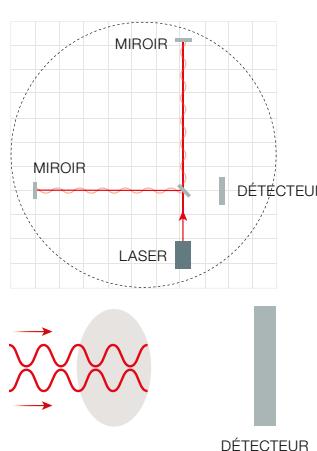
Cette découverte est une bonne nouvelle pour INTEGRAL, ce satellite lancé en 2003 et dont le centre de collecte, d'analyse et de mise à disposition des données se trouve à Genève. Initialement prévu pour fonctionner cinq ans seulement, l'appareil a déjà vu son espérance de vie se rallonger jusqu'à 2018. Sa contribution essentielle à cette dernière découverte va peut-être convaincre les experts de l'Agence spatiale européenne (ESA) de lui accorder un éventuel sursis jusqu'en 2020. Quant aux observatoires d'ondes gravitationnelles LIGO et VIRGO, ils sont désactivés depuis fin août et seront remis en marche dans un an après une augmentation de leurs performances.

Anton Vos

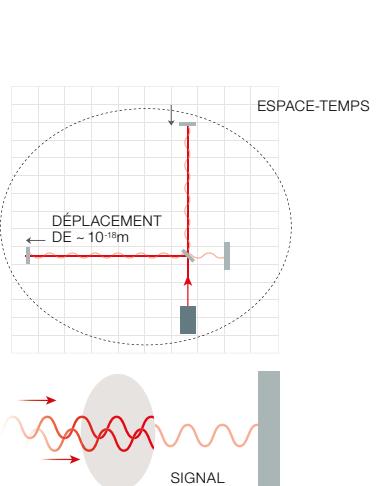
► La collision et la fusion de deux étoiles à neutrons ont produit une onde gravitationnelle, c'est-à-dire une perturbation de l'espace-temps.



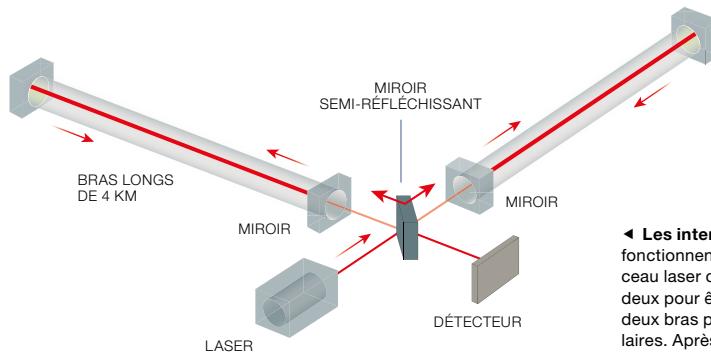
EFFET DES ONDES GRAVITATIONNELLES



▲ Normalement, les deux faisceaux de lumière parcourent des trajectoires de distance identique de manière à ce que leurs signaux s'annulent parfaitement, selon la règle de l'interférence destructive.



▲ Lorsqu'une onde gravitationnelle traverse le détecteur, les «bras» se déforment légèrement. Les deux faisceaux ne parcourent plus exactement la même distance et ne s'annulent plus en arrivant sur le détecteur. Leur addition crée un signal mesurable.



► Les interféromètres fonctionnent avec un faisceau laser qui est divisé en deux pour être envoyé dans deux bras perpendiculaires. Après des centaines d'allers-retours, la lumière est réunie sur le détecteur.

ÉCONOMIE

DES STATISTIQUES POUR SAUVER LE REQUIN-MARTEAU

PRÉDIRE AVEC UNE MEILLEURE PRÉCISION LES **PRISES ACCIDENTELLES** LIÉES À LA PÊCHE INDUSTRIELLE, C'EST CE QUE PROPOSE LE NOUVEAU MODÈLE STATISTIQUE DÉVELOPPÉ PAR EVA CANTONI ET SES COLLÈGUES.

La surpêche en chiffres

Selon une étude internationale publiée en 2014, les stocks de gros poissons (thons, mérous, requins et autres prédateurs supérieurs) ont chuté de 66 % entre 1880 et 2007. 54 % de cette perte de biomasse s'est produite au cours de ces quarante dernières années.

79 millions de tonnes de poissons sont retirées chaque année de leur milieu naturel, soit quatre fois plus qu'il y a 50 ans. 87 % des effectifs exploités à des fins commerciales seraient par ailleurs surexploités selon le WWF.

Pour 500 grammes de soles ou de carrelets, on estime qu'il y a aujourd'hui près de 3 kilos de prises accidentelles. Le chiffre oscille entre 5 et 20 kilos pour 1 kilo de crevettes.

La FAO estime à 77 % la proportion d'espèces de poissons touchées à différents degrés par la surpêche: 8 % seraient épuisées, 17 % surexploitées et 52 % exploitées à leur maximum.

50 milliards de dollars: c'est le coût de «la sous-performance annuelle des pêcheries mondiales» en comparaison avec un scénario de pêche durable selon la Banque mondiale et la FAO.



Non contente de siphonner les stocks de la plupart des espèces commercialisables qui vivent encore dans l'océan, la pêche industrielle a l'inconvénient d'être fort peu sélective. Chaque année, selon les chiffres publiés par le Fonds mondial pour la nature (WWF), ce sont ainsi 300 000 baleines et dauphins, 100 millions de requins et 300 000 oiseaux de mer qui finissent de manière fortuite dans les filets des chalutiers et autres senneurs. Le phénomène est d'autant plus inquiétant qu'il contribue à la raréfaction des espèces prédatrices, comme les requins, qui jouent un rôle essentiel dans la stabilité de l'écosystème en régulant de nombreuses populations de poissons et de mammifères marins. Afin de limiter ces prises dites « accidentelles », des solutions existent pourtant. On peut ainsi utiliser des filets à mailles moins fines équipés de grilles de tri ou de dispositifs autorisant la fuite des mammifères marins pour la pêche au chalut, on peut également privilégier des lignes lestées et munies d'hameçons ronds pour la pêche à la palangre, comme le recommande depuis plusieurs années maintenant l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Mais on peut également tenter de mieux préparer les campagnes de pêche en anticipant de façon plus fine la probabilité de ces prises accidentelles. C'est précisément l'objectif du modèle statistique inédit développé par Eva Cantoni, professeure associée au Research Center for Statistics de la Faculté d'économie et de management, et ses collègues des universités de Dalhousie (Canada) et de l'Australian National University. Un outil qui a fait l'objet d'une publication dans la revue *Annals of Applied Statistics* et qui pourrait s'avérer également utile dans d'autres domaines comme l'économie de la santé ou les sciences de l'éducation. Explications.

« Grâce aux campagnes d'observation menées en mer, on dispose aujourd'hui d'un nombre important de données relatives aux prises accessoires qui nous renseignent sur le lieu et la date de la pêche ainsi que sur le nombre d'espèces non

ciblées, explique Eva Cantoni. *On y trouve également des informations concernant les spécifications du navire, le matériel utilisé ou encore le contexte environnemental. Mais jusqu'ici, il n'existe pas de modèle statistique adéquat pour les traiter.* » Lorsqu'on mesure la quantité de poissons pêchés accidentellement, beaucoup d'espèces – en particulier celles qui sont menacées et donc rares par définition – n'apparaissent que sporadiquement dans les relevés. Or, du point de vue statistique, il est délicat d'établir des modélisations tenant compte du nombre de prises nulles pour chaque espèce.

Le second défi est lié à la structure dite « emboîtée » de ces mêmes données. Si chaque bateau peut être considéré comme une entité indépendante, certains éléments à son bord,

« ON DISPOSE D'UN NOMBRE IMPORTANT DE DONNÉES SUR LES PRISES ACCESSOIRES. MAIS JUSQU'ICI, IL N'EXISTAIT PAS DE MODÈLE STATISTIQUE ADÉQUAT POUR LES TRAITER »

comme le matériel et le savoir-faire, induisent de la corrélation. Deux sorties effectuées par le même bâtiment seront ainsi plus semblables qu'une même campagne assurée par des embarcations différentes.

« Dans la littérature, on trouve des outils pour traiter les deux problèmes mais pas de façon conjointe, résume Eva Cantoni. Notre apport visait à combler ce manque, ce que nous avons fait en proposant un modèle très général et flexible : le « Random-Effects Hurdle Model » ou Modèle à effets aléatoires de type haie. »

Pour vérifier la fiabilité de l'outil, les chercheurs ont testé une version prototype avec un jeu de données réelles fournies par le Service national

américain des pêches maritimes et portant sur les prises fortuites de requins-marteaux entre 1992 et 2005 (1825 cas au total).

Concluant, l'exercice a notamment mis en évidence l'existence d'un effet saisonnier, ainsi que l'impact de la position des filets, une plus grande profondeur équivalant à une baisse des prises accidentnelles. Il a en outre révélé une réduction du phénomène sur les dix ans pris en compte dans le cadre de l'étude.

« Il faut se garder de tirer des conclusions trop hâtives à partir de ces résultats qui visaient d'abord et surtout à montrer que notre modèle fonctionne, observe Eva Cantoni. En premier lieu parce que l'ensemble des données considérées reste limité. Ensuite parce que nous ignorons la cause de ce changement : est-il dû à une évolution des techniques de pêche, à un changement de comportement des animaux ou à une raréfaction de leur population ? »

Ce qui est certain, en revanche, c'est que ce nouveau modèle permet de détecter les changements qui affectent les océans avec une plus grande précision que ceux qui sont utilisés actuellement. « On espère bien sûr que ce projet sera repris par la communauté et par les décideurs, ajoute Eva Cantoni. Mais cela ne se fera pas du jour au lendemain. Quand vous introduisez une nouvelle modélisation, il faut qu'elle soit agréée par tous les partenaires assis autour de la table. Et il est probable qu'il y aura une certaine méfiance, en particulier chez les partenaires commerciaux. » À défaut de faire son chemin parmi les responsables de la gestion des ressources halieutiques, ce nouvel outil, dont le code est public, pourrait très bien trouver preneur dans de nombreux autres domaines comme l'économie de la santé ou les sciences de l'éducation.

« En économie de la santé, la consommation de prestations médicales est quantifiée par le nombre de visites effectuées par un individu chez un professionnel de la santé (médecin, thérapeute, etc.). Dans ce cas de figure, on se retrouve également avec des résultats qui comportent une forte proportion de zéros, comme pour l'étude sur les requins-marteaux, commente Eva Cantoni. Par ailleurs, on a également affaire à une structure des données emboîtées puisqu'on considère des individus, habitant dans des cantons, dans un système national. Et c'est la même chose avec l'école, où on considère des élèves, se trouvant dans une classe qui appartient à un établissement au sein d'un canton. »

Vincent Monnet

LA FACE CACHÉE DE L'ÉCRAN

LE JEU VIDÉO D'ACTION, BON POUR LA TÊTE

JOUER QUELQUES HEURES PAR SEMAINE À DES JEUX VIDÉO D'ACTION SUFFIT À AMÉLIORER SES FACULTÉS COGNITIVES SPATIALES, ATTENTIONNELLES ET PERCEPTIVES. LA PREUVE PAR UNE MÉTA-ANALYSE RÉALISÉE PAR DES CHERCHEURS GENEVOIS.

La pratique régulière des jeux vidéo d'action a un effet positif sur certaines facultés cognitives. Telle est la conclusion d'une méta-analyse parue dans la revue *Psychological Bulletin* et qui reprend et traite les données de l'ensemble des études traitant du sujet réalisées entre les années 2000 et 2015. Dans ce travail, qui a l'ambition de refléter l'état actuel de la connaissance dans ce domaine, Daphné Bavelier et Benoit Bediou, respectivement professeure et chercheur à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), en collaboration avec des collègues aux États-Unis, montrent qu'une intense pratique ou, dans une moindre mesure, un bon entraînement à un jeu tel que *Call of Duty* ou *Grand Theft Auto* améliorent de manière significative certaines facultés cognitives spatiales, attentionnelles et perceptives.

«Les personnes jouant depuis longtemps et fréquemment (des centaines d'heures au total) présentent une augmentation moyenne de leur cognition globale d'un demi écart-type par rapport à une population de non-joueurs, précise Benoit Bediou, premier auteur de l'article. Un demi écart-type est une notion statistique qui, dans notre cas, correspond à une différence modérée mais significative. Cette partie de la méta-analyse compte plus de 8000 participants.»

Profil cognitif Les chercheurs ont également analysé en particulier les études dites interventionnelles qui incluent des volontaires qui ne sont pas des joueurs assidus mais qui, pour l'occasion, ont été entraînés à cette pratique durant plusieurs mois. Cette précaution permet d'éviter le biais selon lequel une grande partie des joueurs chevronnés présenteraient, dès le départ, un profil cognitif plus élevé que la moyenne et auraient, pour cette raison, plus de facilité et de plaisir que les autres à s'adonner à de tels passe-temps.

«Pour ce deuxième ensemble d'études, qui englobe plus de 3700 participants, nous avons mis en évidence une amélioration moyenne de la cognition d'un tiers d'écart-type, poursuit Benoit Bediou. Cet effet est sensiblement moins important que le premier. Mais il est étonnant de mesurer un effet somme toute assez robuste après des entraînements totalisant dans certains cas seulement huit heures de pratique distribuée sur une semaine.»

«LE JEU VIDÉO D'ACTION EST UN MÉDIUM D'APPRENTISSAGE QUI CHANGE PLUSIEURS ASPECTS DE LA COGNITION À LA FOIS, CE QUI EST ASSEZ RARE»

Concrètement, les amateurs de jeux vidéo d'action ont obtenu des résultats en moyenne supérieurs à la population «normale» dans des tests mesurant la cognition spatiale (rotation mentale d'objet, mémoire spatiale, navigation spatiale...), le contrôle attentionnel (la capacité à déterminer sur quoi on doit porter son attention et ce que l'on peut ignorer) ou encore la perception (sensibilité auditive spatiale et temporelle, précision du champ visuel...). Les performances en matière de multitasking, la capacité à faire plusieurs choses en même temps, sont elles aussi améliorées tout comme, de manière plus surprenante, la cognition verbale, soit par exemple la capacité à mémoriser à court terme des listes de mots.

«Le jeu vidéo d'action, qui peut être considéré comme un médium d'apprentissage, change plusieurs aspects de la cognition à la fois, ce qui est assez rare, commente Daphné Bavelier. Pour expliquer ces impacts multiples, nous suggérons que les joueurs assidus deviennent très bons lorsqu'il s'agit d'apprendre de nouvelles tâches, en particulier grâce à l'amélioration de ce contrôle attentionnel. Ce n'est pour l'instant qu'une hypothèse qui doit encore être vérifiée par des études supplémentaires. Notre méta-analyse, par manque de données, n'a d'ailleurs pas permis de tirer des enseignements sur l'impact des jeux vidéo sur l'intelligence, plus précisément sur les capacités de raisonnement ou de résolution de problèmes.»

Critères stricts Les chercheurs ont pris soin de ne sélectionner pour leur méta-analyse que les travaux dans lesquels ces tests cognitifs ont été mesurés au moins 24 heures après la dernière séance de jeux. Et ce afin d'éviter les effets immédiats et éphémères liés à l'excitation du jeu et de ne prendre en compte que ceux qui soient durables et consolidés après une

Dans les années 1980, **Patricia Greenfield**, professeure à l'Université de Californie Los Angeles, est l'une des premières scientifiques à s'intéresser aux effets des jeux vidéo d'action sur la cognition.

En 2003, **Daphné Bavelier**, aujourd'hui professeure à l'UNIGE, montre pour la première fois que la pratique des jeux vidéo d'action améliore le contrôle attentionnel chez le joueur.

Depuis les années 2000, la pratique des jeux vidéo d'action est devenue un phénomène de société à la croissance vertigineuse.

Les chercheurs dans le domaine ont de plus en plus de mal à trouver des participants non joueurs masculins et jeunes pour former des groupes de contrôle dans leurs études.

Aujourd'hui, en Asie, en particulier en **Corée du Sud**, certaines parties sont retransmises dans des stades. D'autres, accessibles sur Internet, enregistrent des millions de connexions.

Ci-contre, une image tirée du jeu **Splatoon**, dans lequel plusieurs équipes tentent de recouvrir la plus grande surface possible d'encre colorée.



nuit de sommeil. Certaines études – rares – ont même cherché à mesurer des influences de la pratique des jeux plusieurs mois voire un ou deux ans après les séances d'entraînement. Mais elles sont difficiles à mettre en œuvre, tout en conservant des conditions de laboratoire. Et, de manière générale, comme pour tout apprentissage physique ou cognitif, si l'on arrête de s'exercer, les bénéfices s'amenuisent avec le temps.

Le jeu d'action, pour les auteurs de l'article, doit posséder certaines caractéristiques. Il ne doit pas forcément être violent (certains ne le sont pas du tout), mais certainement distrayant. Plus important, il doit, entre autres, allier une vitesse élevée de décision et de réaction avec une mobilisation soutenue d'importantes ressources attentionnelles ciblées sur des tâches qui se succèdent et changent d'échelle rapidement. C'est pourquoi les chercheurs ont commencé leurs investigations à partir de 2000. Avant cette période, en effet, il n'existe quasiment aucune littérature sur le sujet et, de plus, les jeux populaires les plus « actifs » sont représentés par *Space Invaders* ou *Pac-Man*, beaucoup trop lents pour entrer dans la catégorie des jeux d'action.

Bien que cela soit encore très peu fréquent, certaines études s'intéressent à l'utilisation des jeux vidéo dans le traitement de certains troubles tels que la dyslexie ou chez les enfants ayant de la peine à lire. Les programmes sont bien sûr adaptés à l'âge des patients – une tendance très récente – et mettent en scène des personnages plus sympathiques, la figure du Lapin crétin, par exemple, que des GI musculeux ou des chauffards tatoués, tout en conservant les caractéristiques essentielles des jeux d'action. Certaines études italiennes montrent qu'une telle activité améliore l'attention des enfants ainsi que leurs aptitudes à l'écriture.

Rassurer les parents Les effets négatifs sur la cognition ne sont pour l'instant pas démontrés du point de vue scientifique. L'équipe de Daphné Bavelier se penche actuellement sur les aspects émotionnels liés aux jeux vidéo, mais il est encore trop tôt pour tirer des conclusions. «Pour rassurer les parents éventuellement inquiets pour leur progéniture, il n'est pas nécessaire de pratiquer longtemps des jeux vidéo d'action avant d'en mesurer les effets», avertissent les auteurs qui travaillent déjà sur la prochaine méta-analyse

pour tenir compte des dernières avancées dans un domaine qui évolue très vite. *Il suffit pour cela de jouer trois à cinq heures par semaine durant quelques mois. Il faut évidemment éviter que cette activité n'empêche sur la vie scolaire et sociale, ce qui représente le principal risque de ce type d'activité.*» Il existe toutefois une catégorie de la population pour laquelle les jeux vidéo d'action actuellement disponibles dans le commerce n'ont aucun bénéfice : les personnes âgées, pour lesquelles ces programmes vont trop vite et qui, ne parvenant pas à suivre, se déprécient rapidement. «En cela, les jeux vidéo sont identiques à n'importe quelle autre méthode d'apprentissage», note Daphné Bavelier. *S'ils sont trop difficiles, ils ne servent à rien. Par conséquent, si l'on veut obtenir des résultats positifs chez les seniors, il est nécessaire d'adapter les jeux vidéo d'action à leurs capacités cognitives. Cela n'existe pas encore. Avis aux amateurs, il y a là certainement un marché à prendre.*»

Anton Vos



AMÉNAGEMENT
DU TERRITOIRE

SOL : LE
RETOUR
DE LA LOI



**APRÈS AVOIR LONGTEMPS LAISSE
LA BRIDE SUR LE COU AUX CANTONS,
LA POLITIQUE FÉDÉRALE EN MATIÈRE
D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE S'EST
DURCIE CES DERNIÈRES ANNÉES AVEC
L'INTRODUCTION DE NOUVEAUX INSTRUMENTS
LÉGISLATIFS. LE POINT SUR LA SITUATION
À L'HEURE OÙ S'ACHÈVE LA PHASE DE
CONSULTATION AUTOUR DU SECOND
VOLET DE LA RÉVISION DE LA LOI SUR
L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE (LAT).**

Dossier réalisé par Vincent Monnet et Anton Vos

URBANISME

GENÈVE À LA CONQUÊTE D'ESPACE

POUR ASSURER SON DÉVELOPPEMENT, LE CANTON AMBITIONNE DE **CRÉER 50 000 LOGEMENTS** D'ICI À 2030. FAUTE DE PLACE DISPONIBLE, IL S'AGIRA DE DENSIFIER PARTOUT OÙ LA CHOSE EST POSSIBLE POUR Y PARVENIR. TOUR D'HORIZON.

Depuis le 29 avril 2015, Genève est en liberté conditionnelle. Car si la Confédération a approuvé ce jour-là son plan directeur – de même que ceux de Zurich et de Bâle-Ville – elle s'est empressée de préciser que le canton du bout du lac n'avait pas tout à fait les moyens de ses ambitions, à savoir la construction de 50 000 logements à l'horizon 2030. Excluant la possibilité d'empiéter davantage sur la zone agricole, Berne a donc garanti le développement urbain de la cité jusqu'en 2023 seulement. Au-delà, c'est l'incertitude qui règne, même si des solutions existent tant pour densifier l'espace constructible que pour grignoter des surfaces vertes. Explication avec le géographe Laurent Matthey, professeur assistant à la Faculté des sciences de la société.

Sur le papier, la donne est claire : en vertu du plan sectoriel fédéral des surfaces d'assèlement (SDA) datant de 1992, le canton de Genève est tenu de conserver 8400 hectares de SDA sur les 8527 dont il dispose à ce jour. Il ne lui reste donc que 127 hectares de ces terres destinées à assurer l'approvisionnement du pays pour accueillir du logement, des équipements publics ou des surfaces d'activités. Un stock pour le moins limité qui, selon la planification actuelle, sera épuisé en 2023, laissant en suspens un certain nombre de projets comme celui de la Pallanterie sur la commune de Vésenaz, de Bernex-Nord ou encore de l'extension de la prison de Champ-Dollon.

«Genève est face à deux injonctions contradictoires qui réduisent considérablement sa marge de manœuvre», précise Laurent Matthey. D'un côté, la directive sur le redimensionnement des zones à bâtir permet au canton de construire davantage (262 hectares supplémentaires d'ici à 2030). De l'autre,

le plan sectoriel l'oblige à conserver un certain quota de terres cultivables. Ce qui fait qu'au final, il y a plus de surface théoriquement constructible que d'espace réellement disponible.»

Le paradoxe, c'est que Genève fait plutôt figure de bon élève en matière de protection du paysage et de l'environnement. Sous l'impulsion de pionniers comme Camille Martin (1877-1928) ou Maurice Braillard (1879-1965), qui ont très tôt pensé le rapport de la ville à la campagne, le canton a développé dès le début du XX^e siècle des outils d'aménagement visant à contrôler son urbanisation. En 1948, Genève est également le premier canton suisse à se doter d'un plan directeur. C'est donc une région où la zone agricole est historiquement bien protégée et où les déclassements se font généralement de manière réfléchie.

Si vertueux soit-il, le canton reste cependant petit et il ne pourra pas éternellement déverser son trop-plein d'habitants sur la Riviera vaudoise ou en France voisine. D'où la nécessité d'imaginer de nouveaux moyens pour sortir de l'impasse actuelle. Certains évoquent la création

d'un «marché des surfaces d'assèlement» entre cantons. Le mécanisme permettrait ainsi d'acheter des mètres carrés qui lui manquent à d'autres cantons moins touchés par l'obligation de loger une population toujours plus nombreuse. Le problème, c'est que Berne ne veut pas de cette solution, qui est également critiquée par de nombreux techniciens de l'aménagement. Un groupe d'experts a toutefois été désigné par la Confédération pour proposer une révision du Plan sectoriel des surfaces d'assèlement.

À défaut de pouvoir remettre en question ce régime hérité de l'époque du Plan Wahlen (le programme d'autosuffisance alimentaire mis en place en 1940 par la Suisse pour pallier la



Laurent
Matthey

Professeur assistant au Département de géographie et environnement (Faculté des sciences de la société).

Directeur du Master en développement territorial.

Membre du conseil scientifique du Réseau activités et métiers de l'architecture et de l'urbanisme (RAMAU).

Directeur scientifique du forum vie nocturne de la Ville de Lausanne.

**AU FINAL, IL Y A
PLUS DE SURFACE
THÉORIQUEMENT
CONSTRUCTIBLE
QUE D'ESPACE
RÉELLEMENT
DISPONIBLE.»**





pénurie de matières premières durant la Deuxième Guerre mondiale), l'idée serait de créer de nouvelles surfaces d'assèlement. Selon les estimations de Bernard Leutenegger, directeur à l'Office cantonal de l'urbanisme, 40 à 60 hectares pourraient être concernés, sur des zones proches de l'aéroport ou sur le site d'anciennes gravières. «*On peut aussi prendre en compte certaines surfaces viticoles ayant été mises en culture après 2000 et qui n'ont donc pas été polluées par le cuivre ou d'autres traitements chimiques*, précise Laurent Matthey. *Un autre levier consiste à prendre en compte les emprises réelles des infrastructures dédiées à la mobilité plutôt que des déductions forfaitaires, tout en travaillant à optimiser leur dimensionnement. La coordination entre les offices et les services du canton s'est d'ailleurs renforcée de ce point de vue.*»

La modeste réserve ainsi créée ne saurait toutefois satisfaire l'ensemble des besoins du canton. Conformément aux souhaits de la Confédération, Genève n'aura donc probablement d'autre choix que de densifier les espaces déjà construits ou constructibles.

Couvrant près de la moitié des zones à bâtir du canton, la zone villas – qui forme une couronne passant notamment par Pinchat, le Grand-Saconnex, Cointrin et Lancy – n'héberge à l'heure actuelle que 13 % de la population. Elle constitue donc un potentiel important en termes de densification. Mais il ne sera pas facile de lancer une mutation que l'on sait inéluctable depuis au moins la fin des années 1950. «*On prend effectivement acte du problème déjà à cette époque*, confirme Laurent Matthey. *Les techniciens de l'aménagement pensent alors que ces espaces qui vont à terme se retrouver coincés entre le centre-ville et les cités dites nouvelles (Avanchets, Lignon, Libellules) se transformeront progressivement. C'était compter sans les propriétaires qui se sont alliés, plus tard, autour du principe dit des servitudes croisées, un principe leur permettant de restreindre leurs droits à bâtir respectifs et de se préserver d'une densification non souhaitée. Ce dispositif complique la tâche, même si un article de la loi sur les zones de développement autorise la levée des servitudes pour les projets d'utilité publique.*»



« TOUTE RÉVISION DES DENSITÉS PRÉVUES A DES CONSÉQUENCES SUR LE CALIBRAGE DES ÉQUIPEMENTS. »

LAURENT MATTHEY, Professeur assistant au Département de géographie et environnement (Faculté des sciences de la société).

Pour tenter de dégeler la situation, le canton n'est toutefois pas totalement démunie. Il dispose en effet d'un droit de préemption lui permettant d'être prioritaire lorsque ce type de parcelle est mis en vente. Il s'efforce par ailleurs d'encourager les propriétaires concernés à valoriser leurs biens en réalisant de nouvelles constructions pour leurs enfants ou leurs vieux jours.

Dans les quartiers en cours de réalisation, il est également souvent possible de mieux faire. Affichant une densité très faible à l'origine, le projet des Cherpines, où 3000 logements et 2500 emplois sont prévus d'ici à 2030, a ainsi été révisé à plusieurs reprises depuis sa présentation. « *Aujourd'hui, on s'oriente vers la solution de densités négociées* », commente Laurent Matthey. *On est encore loin de la densité élevée du quartier qui verra le jour sur le site de la caserne, aux Vernets, mais dans le cas présent, nous sommes à l'orée de la campagne et en allant plus loin, on prend peut-être le risque de nuire à l'attractivité de l'ensemble. Et puis il faut considérer que toute révision des densités prévues a des conséquences sur le calibrage des équipements.* »

Le cas de Bernex paraît plus problématique. L'achèvement du projet, qui doit déboucher sur la création de 5700 logements, d'autant d'emplois et de nouveaux équipements publics avec la venue du tram jusque dans le secteur de Vailly, est en effet loin d'être garanti à l'heure actuelle. « *Cette «ville au cœur de la campagne» se déploie sur 150 hectares dont la majeure partie est située en zone agricole* », précise Laurent Matthey. *Or, la Confédération a déjà indiqué qu'avant de procéder à de nouveaux déclassements, le canton se devait d'optimiser les densités des grands projets en cours. À cette première difficulté s'est ajoutée une incertitude sur l'extension du tracé de la ligne de tram, ce qui menace la réalisation de la deuxième phase du projet, l'implantation des transports publics étant indispensable au bon fonctionnement de ce nouveau quartier.* »

Dernier écueil pour les autorités : les réticences probables de la population et en particulier des riverains qui, à tout moment, peuvent brandir leur droit de recours. « *L'opinion est aujourd'hui systématiquement favorable aux mesures visant la protection du paysage et des zones agricoles* », conclut Laurent Matthey. *En votation, il y a une volonté populaire très nette de stopper l'urbanisation des zones situées en périphérie urbaine. Mais dans le même temps, la Suisse reste un pays où la tolérance à la densification reste assez faible. Dans ce domaine, c'est le syndrome NIMBY (Not in my Backyard) qui domine encore souvent. Autrement dit : on est d'accord sur le principe de la densification pour autant que cela se passe loin de chez soi.* »

LÉGISLATION

LE SOL ET L'ARGENT DU SOL

EN SUISSE, LES MESURES D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE GÉNÈRENT **DES BÉNÉFICES S'ÉLEVANT À PLUSIEURS MILLIARDS PAR AN**. UNE ÉTUDE ÉVALUE LES MOYENS DONT DISPOSENT LES POUVOIRS PUBLICS POUR CAPTER UNE PARTIE DE CETTE MANNE ET INDIQUE LES FAILLES DU SYSTÈME ACTUEL.

En 2035, les deux tiers de l'humanité vivront dans une ville, tandis que la Suisse comptera 10 millions d'habitants. Pour les loger, tous les experts s'accordent sur le fait qu'il faudrait densifier les centres urbains tout en renforçant leur attractivité. Ce n'est pourtant pas le chemin que l'on suit aujourd'hui, la Suisse perdant chaque jour 11 hectares de terres cultivables, soit l'équivalent de 15 terrains de football, tandis que la surface habitable par individu ne cesse de croître.

Pour tenter d'inverser la tendance, les pouvoirs publics disposent d'un certain nombre d'outils, à commencer par la nouvelle mouture de la Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (lire en pages 20-22). D'un usage souvent complexe, visant parfois des buts contradictoires, ces divers instruments peinent aujourd'hui à remplir leur objectif, à savoir une gestion durable de l'usage des sols tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Des pistes existent cependant pour optimiser le système, comme le montrent les travaux menés par l'équipe de Géraldine Pfleger, professeure associée au sein de l'Institut des sciences de l'environnement, dont elle est également la directrice, dans le cadre du Programme national de recherche 68 consacré à l'utilisation durable de la ressource sol.

Pays riche mais exigu, avec seulement 13 000 km² de territoires habitables, la Suisse connaît depuis la fin du XIX^e siècle une forte pression de l'urbanisation. Destination touristique de choix, le pays se doit en même temps de préserver son environnement, ses paysages et ses zones agricoles. Le tout dans un contexte où, fédéralisme oblige, le pouvoir de décision appartient traditionnellement aux cantons, voire aux communes.



Géraldine Pfleiger

Professeure associée en politiques urbaines et de l'environnement (Département de science politique et relations internationales et Institut des sciences de l'environnement) depuis novembre 2014.

Directrice de l'Institut des sciences de l'environnement depuis l'automne 2017.

Dirige depuis sa création en 2015 la Chaire Unesco en Hydropolitiques de l'UNIGE.

Responsable du volet genevois du Programme national de recherche 68 consacré à l'utilisation durable de la ressource sol.

La première tentative visant à mettre en œuvre une politique d'organisation du territoire à l'échelle nationale remonte à 1969, avec l'introduction dans la Constitution d'un article donnant à la Confédération la compétence d'établir une législation fixant les grands principes de l'aménagement du territoire. Ce sera chose faite dix ans plus tard avec l'adoption de la première version de la Loi sur l'aménagement du territoire (LAT), dont le premier objectif est d'assurer «une utilisation mesurée» du sol en densifiant l'espace déjà bâti et en privilégiant les constructions dans des territoires bien desservis par les réseaux de transport, le tout afin de «garantir un développement harmonieux de l'ensemble du pays». Le texte stipule également que la politique d'aménagement du territoire ne doit pas favoriser uniquement le développement économique mais également assurer la protection préventive de la nature et de l'environnement.

En 1992, le dispositif législatif est renforcé avec l'adoption du Plan sectoriel des surfaces d'assèlement (SDA) qui garantit la préservation d'une surface minimale de terres agricoles de qualité pour chaque canton (soit un total de 438 560 hectares à l'échelle du pays).

Le hic, c'est que, faute de mesures coercitives, le système constraint les pouvoirs publics à indemniser les propriétaires fonciers lésés lorsque la valeur de leurs terrains baisse pour cause de déclassement. Et cela, sans permettre de financer ces indemnisations par le prélevement d'une partie des plus-values créées lorsqu'une zone est érigée en terrain à bâtir. Conséquence : de nombreuses communes ne peuvent s'autoriser une politique trop restrictive dans la gestion de leur territoire, ce qui débouche de manière presque automatique sur la création de nombreuses zones constructibles trop grandes ou mal situées.

Adoptée en 2014, malgré le fort rejet de certains cantons (à commencer par le Valais), la nouvelle mouture de la LAT vise à corriger ce défaut en contraignant les cantons à redimensionner leurs zones constructibles, celles-ci ne devant plus dépasser les besoins des 15 prochaines années. La loi indique par ailleurs qu'un terrain constructible qui ne serait pas construit dans un certain laps de temps pourrait être rendu à sa vocation verte sans dédommagement. Enfin et surtout, elle introduit une taxe permettant de prélever 20% de la plus-value découlant du classement d'un terrain en zone à bâtir.

L'instrument, même s'il n'est pas le seul à permettre de redistribuer la valeur dégagée par les mesures d'aménagement du territoire, est particulièrement intéressant de prime abord dans la mesure où l'un des problèmes récurrents auxquels

se heurte la politique d'aménagement du territoire consiste justement à trouver le moyen de financer des mesures qui ne génèrent pas de bénéfices directs comme la relocalisation des sols à bâtir, le financement de l'équipement, du transport et des infrastructures publiques ou encore la mise en œuvre de politiques publiques portant sur la protection des eaux ou la dépollution des sols.

Or, il se trouve que selon une étude menée par Avenir Suisse en 2010, les plus-values produites par les opérations de zonages se monteraient à elles seules à plus de 2 milliards par an dans notre pays. Un chiffre guère étonnant sachant

que la valeur d'une parcelle peut centupler lorsqu'elle est déclarée constructible, en particulier dans les régions fortement densifiées comme Genève.

«La question foncière a beaucoup été étudiée au XIX^e siècle, lorsque les États modernes se sont constitués, observe Géraldine Pfleiger. Ensuite, durant les Trente Glorieuses, dans une période où l'argent public était abondant, le sujet a été un peu oublié par les pouvoirs publics. C'est redevenu une préoccupation majeure depuis une dizaine

«LE DOMAINE EST TELLEMENT COMPLEXE QUE L'ON SE DEMANDE PARFOIS COMMENT LES ÉLUS PARVIENNENT À S'Y RETROUVER»

d'années, notamment à cause de la montée en puissance de la problématique écologique. Mais les données manquent pour analyser en profondeur la manière dont les collectivités gèrent aujourd'hui la valeur liée au sol. Notre objectif dans le cadre du PNR 68, consistait à combler cette lacune.»

Premier constat: la LAT dans sa nouvelle version s'ajoute à un très large panel d'instruments pouvant être mobilisés pour influencer la valeur d'un terrain : plan d'aménagement, droit d'expropriation ou de préemption, mesures fiscales et prescriptions diverses liées à la politique du logement, au développement des régions défavorisées, à la politique agricole, à la défense militaire ou à la protection de l'environnement.

«Certains outils sont potentiellement contradictoires, ce qui rend leur utilisation très délicate pour une personne non initiée, confirme Géraldine Pfleiger. À vrai dire, le domaine est tellement complexe que l'on se demande parfois comment les élus, qui pour la plupart ne sont pas des spécialistes du droit foncier, parviennent à s'y retrouver. Idéalement, il faudrait donc repenser dans son intégralité le design des instruments fiscaux tout en

rassemblant les divers textes existants en une seule et même loi, à l'image de ce qui s'est fait avec la Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux).»

Pour y voir plus clair, les chercheurs ont réalisé plusieurs études de cas dans les cantons de Vaud et de Berne, où la possibilité de taxer la plus-value foncière existe à titre optionnel depuis les années 1990. Ces travaux confirment que les instruments à la disposition des pouvoirs publics pour gérer les bénéfices et les investissements liés à la propriété du sol conservent d'importantes lacunes.

Le plus souvent, constatent les auteurs de l'étude, la quantité de valeur redistribuée est limitée et son affectation profite encore essentiellement au développement économique, les mesures de compensation écologique restant rares.

D'abord parce que ce sont les communes qui en ont le plus besoin qui font le moins fréquemment usage de la possibilité de prélever une partie de la plus-value foncière. Ensuite, parce que cette mesure donne souvent lieu à des stratégies de détournement, les fonds prélevés servant à financer des équipements communautaires voire privés. Ce qui revient, dans ce dernier cas de figure, à les restituer sous forme de prestations en nature aux propriétaires auprès desquels ils ont été perçus.

Quant aux mesures en faveur de l'environnement, elles se limitent à quelques opérations de restauration ou de revitalisation écologique dans le cadre de grands projets régionaux d'infrastructure ou de transport. Les mesures de dépollution, en particulier, ne pouvant toujours pas être financées directement pour les prélevements issus de la LAT, les propriétaires – privés comme publics – s'efforcent dans les faits d'éviter par tous les moyens une coûteuse opération d'assainissement, quitte à adapter leur planification à la présence de sols souillés.

«La LAT introduit un coefficient définissant le taux minimum d'habitants par mètres carrés, commente Géraldine Pflieger, alors qu'il aurait sans doute été plus efficace de mettre sur pied un mécanisme de péréquation cantonale. Ce système aurait l'avantage de permettre un transfert entre les cantons fortement urbanisés, comme Genève, et ceux qui disposent de zones constructibles surdimensionnées comme le Valais ou Fribourg. Il pourrait, par ailleurs, être complété par un indice de qualité des sols mesurant leur valeur écologique sous forme de points. On pourrait ainsi mieux anticiper les pertes et gains de qualité en cas de changement d'affectation, tout en gérant l'affectation des sols en fonction d'objectifs qualitatifs et non uniquement par une limitation du milieu bâti comme c'est le cas actuellement.»

LES SYNDICATS DE LA CONCORDE

Réalisée dans le cadre du PNR 68 consacré à l'utilisation durable des sols, la thèse de François-Xavier Viallon (codirigée par L'UNIGE et l'UNIL et soutenue en mars 2017) met en évidence le potentiel de ce qu'on appelle les syndicats d'amélioration foncière et d'aménagement du territoire (AT/AF). Une formule qui a récemment été expérimentée par la commune périurbaine de Cheseaux dans le canton de Vaud.

Développé afin de regrouper des parcelles agricoles dans le cadre de la réforme agraire lancée au lendemain de la Deuxième Guerre mondiale, cet outil repose sur une assemblée de propriétaires possédant des terres sur une même portion de cadastre et au sein de laquelle chaque membre possède une voix indépendamment

de l'ampleur de son patrimoine. L'idée consiste en gros à effacer les limites de parcelles existantes sur une zone à bâtir donnée avant de mutualiser la valeur du sol. Le procédé permet de densifier l'espace constructible, tout en élargissant le cercle des gagnants, puisqu'à l'issue du processus, chaque membre repart avec une proportion des bénéfices correspondant à ses avoirs. «Ce type de solution permet d'éviter de passer par la taxation ou le zonage, mesures qui peuvent paraître assez violentes, tout en redonnant une marge de manœuvre aux propriétaires pour atteindre des objectifs de politique publique communs», commente le jeune chercheur. Les recherches prospectives menées par François-Xavier Viallon

de l'ampleur de son patrimoine. L'idée consiste en gros à effacer les limites de parcelles existantes sur une zone à bâtir donnée avant de mutualiser la valeur du sol. Le procédé permet de densifier l'espace constructible, tout en élargissant le cercle des gagnants, puisqu'à l'issue du processus, chaque membre repart avec une proportion des bénéfices correspondant à ses avoirs. «Ce type de solution permet d'éviter de passer par la taxation ou le zonage, mesures qui peuvent paraître assez violentes, tout en redonnant une marge de manœuvre aux propriétaires pour atteindre des objectifs de politique publique communs», commente le jeune chercheur. Les recherches prospectives menées par François-Xavier Viallon

en collaboration avec le Service du développement territorial du canton de Vaud sur la pertinence et les conditions de mise en œuvre d'une version multisites d'un tel instrument indiquent par ailleurs que cet instrument pourrait se révéler très prometteur en termes de capacités redistributives tant économique qu'écologique moyennant quelques adaptations. Il s'agirait notamment de mettre en réseau, à une échelle non plus uniquement locale mais également régionale, plusieurs syndicats dont le fonctionnement simultané permettrait de transférer des droits à bâtir localisés dans les zones à bâtir surdimensionnées des communes périurbaines en direction des zones à densifier à l'intérieur des agglomérations. Pour que le dispositif fonctionne,

l'étude précise que la taille du syndicat doit rester limitée à une quinzaine de participants au maximum. Faute de quoi, il devient difficile d'obtenir une majorité autour d'un accord. Il faudra par ailleurs parvenir à vaincre les probables résistances des propriétaires au sein de ces zones à densifier face à l'arrivée de nouveaux droits à bâtir sur leurs terrains, limitant ainsi la plus-value économique escomptée. Enfin, il sera également nécessaire de mettre en place un système de péréquation intercommunale des gains et des charges résultant de ces transferts de droits à bâtir.

«Redistributive instruments in Swiss land use policy: A discussion based on local examples of implementation», thèse de doctorat réalisée par François-Xavier Viallon, Université de Lausanne (accessible depuis l'adresse <https://serval.unil.ch>).

Partant de là, les auteurs de l'étude suggèrent, d'une part, de concentrer les efforts sur les instruments qui permettent une action à l'échelle cantonale ou régionale et, d'autre part, de recourir à des méthodes innovantes comme le microzonage. Une approche qui vise à développer autant que possible des zones vertes sur des portions non construites de la zone à bâtir de manière à réduire artificiellement son surdimensionnement. Il s'agirait également de rendre les compensations écologiques obligatoires lorsqu'un terrain est déclaré constructible.

Autre piste à suivre : les différentes stratégies mises au point par les autorités au niveau local (lire également ci-contre). De ce point de vue, Bienne fait figure de ville pilote dans le paysage suisse. Depuis une trentaine d'années, les édiles qui se sont succédé à la tête de la métropole horlogère mènent en effet une politique extrêmement volontariste en matière foncière. Agissant comme n'importe quel promoteur immobilier, la municipalité a ainsi acquis une quantité considérable de terrains.

«Les autorités investissent lorsque la ville connaît une phase de décroissance ou de désindustrialisation, autrement dit lorsque les prix sont bas, explique Géraldine Pfleger. Ils théaurisent ensuite cette valeur, parfois pendant plusieurs décennies, ce qui permet de financer des projets de développement très ambitieux (création de logements, stade de football, siège de Swatch). La valeur ainsi créée bénéficie directement à la collectivité. Pour pouvoir proposer un niveau d'équipement et d'infrastructure équivalent sans ces mesures foncières, il aurait en effet fallu augmenter sensiblement les impôts.»

À Lausanne, à la fin du XIX^e siècle déjà, c'est un autre modèle qui a été appliqué lors de la construction du funiculaire reliant le port d'Ouchy. En échange d'un droit de superficie et d'une autorisation de construire aux abords de la célèbre «Ficelle», les autorités ont en effet demandé aux promoteurs de construire à leurs frais – et ainsi d'offrir à la collectivité – l'infrastructure du funiculaire.

«Ce modèle de financement endogène de l'urbanisation est repris aujourd'hui notamment pour la construction d'un réseau express régional (RER) à Hong Kong, poursuit Géraldine Pfleger. Il est également en train d'être appliqué pour financer des infrastructures ferroviaires dans le cadre du projet Grand-Paris.»

Du côté de Genève, l'action publique foncière est incarnée depuis le 1^{er} janvier 1960 par la Fondation des terrains industriels (FTI). Crée à l'origine pour coordonner l'aménagement de la zone industrielle Praillle-Acacias, cette entreprise de droit public a pour vocation de valoriser le foncier industriel, tout en facilitant l'implantation et le développement des entreprises dans le canton. Concrètement, la FTI met à la disposition des acteurs économiques des parcelles

«IL S'AGIRAIT ÉGALEMENT DE RENDRE LES COMPENSATIONS ÉCOLOGIQUES OBLIGATOIRES LORSQU'UN TERRAIN EST DÉCLARÉ CONSTRUCTIBLE.»

GÉRALDINE PFLIEGER, Professeure associée en politiques urbaines et de l'environnement

entièrement équipées et donc prêtes à l'utilisation, ce qui permet de compenser la cherté du sol dans le canton et de présenter ainsi une offre qui reste compétitive.

La fondation joue par ailleurs un rôle clé dans le nouveau projet Praillle-Acacias-Vernets puisque c'est elle qui est chargée de reloger les artisans et industries occupant actuellement le quartier. *«En Suisse, il existe encore assez peu d'exemples de ce type, commente la chercheuse. Mais d'autres cantons commencent à s'en inspirer dans l'idée de reprendre en main le destin du sol et du patrimoine foncier. Aujourd'hui, nous sommes en effet à la croisée des chemins entre deux visions du monde qui s'affrontent. La première veut que le sol soit considéré comme un bien commun sur lequel repose l'avenir de l'humanité. La seconde en fait un bien comme un autre, dont le titulaire peut faire ce qu'il entend du moment qu'il n'enfreint pas la loi. Dans un tel contexte, le système actuel, qui est caractérisé par un découplage entre l'usage et la propriété du sol, ne correspond à l'évidence plus aux besoins de la société.»*

DROIT

AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE : LE CONSEIL FÉDÉRAL SERT LA VIS

MENÉE EN DEUX TEMPS, LA RÉVISION DE **LA LOI FÉDÉRALE SUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE** S'EST TRADUITE EN 2012 PAR UN RETOUR EN FORCE DE LA CONFÉDÉRATION. PARMI LES MESURES MISES EN CONSULTATION CET ÉTÉ, UN ARTICLE INQUIÈTE LES JURISTES.

Comment faire face à la croissance de la population sans dégrader l'environnement et en préservant des terres cultivables en suffisance ? Dans un pays où l'espace disponible est restreint et où le fédéralisme implique une cascade d'intervenants, résoudre cette équation tient du casse-tête. C'est pourtant l'objectif visé par la nouvelle mouture de la Loi sur l'aménagement du territoire (LAT). Menée en deux temps, cette révision, qui marque un retour en force de la Confédération, a débouché en 2012 sur la mise en place d'un nouveau train de mesures comprenant notamment l'obligation pour les cantons de taxer les plus-values liées aux mesures d'aménagement et le renforcement du contenu des plans directeurs en matière d'urbanisation. Actuellement en consultation, la seconde phase du projet porte pour l'essentiel sur des modifications d'importance secondaire, à l'exception d'un article qui inquiète au plus haut point les

juristes. En témoigne notamment la récente prise de position du Cercle de l'aménagement du territoire. Entretien avec Thierry Tanquerel, professeur au Département de droit public et membre de ce comité d'experts réunissant professeurs d'universités et praticiens de l'urbanisme.

Campus : La révision de la Loi fédérale sur l'aménagement du territoire, qui a débouché sur une première série de mesures en 2012 et dont le deuxième volet est actuellement en phase de consultation, est-elle appelée à marquer une rupture dans la gestion du territoire national ?

Thierry Tanquerel : Depuis son entrée en vigueur, le 1^{er} janvier 1980, la Loi sur l'aménagement du territoire a fait l'objet de plusieurs retouches allant tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. En formalisant toute une série de dérogations permettant de bâtir en zone agricole, les modifications introduites en 2007 donnaient l'impression que le système allait

vers une plus grande libéralisation. En 2012, c'est le signal contraire qui a été donné avec une volonté de serrer la vis clairement affichée par le Conseil fédéral.

Comment s'est concrétisé ce changement d'orientation ?
L'idée des instigateurs de la révision de 2012 était de revoir totalement le contenu de la LAT pour la remplacer par un nouveau texte qui aurait été baptisé « Loi sur le développement territorial ». Ce projet a toutefois rencontré de fortes oppositions dès la phase de consultation, ce qui a poussé les autorités fédérales à faire machine arrière et à proposer finalement une révision partielle en deux temps.

Pourquoi ce calendrier particulier ?
Dans un premier temps, les autorités ont été amenées à déposer un contre-projet indirect à l'initiative populaire de 2008 dite « pour le paysage » qui demandait le gel de la zone à bâtir pendant une durée de vingt ans. Ce texte, qui a finalement entraîné le retrait de l'initiative, visait surtout à renforcer les dispositions encadrant le développement de cette zone. Ce qui a été fait essentiellement de deux façons.

Lesquelles ?
D'abord en inscrivant noir sur blanc dans la loi la nécessité de réduire les zones à bâtir surdimensionnées, une mesure qui n'existe que de façon implicite dans le droit précédent. Ensuite en augmentant considérablement les exigences en matière de plans directeurs cantonaux, dont il faut rappeler qu'ils sont soumis à l'approbation du Conseil fédéral. Dans le même temps, les dispositions sur le prélèvement de la plus-value foncière ont également été renforcées avec l'obligation pour les cantons de taxer cette plus-value, lorsqu'elle résulte de mesures d'aménagement à hauteur de 20%. Le principe de la taxation, sans taux minimal, existait depuis 1980 mais n'avait été mis en œuvre que par quelques cantons (lire également en pages 24-27).



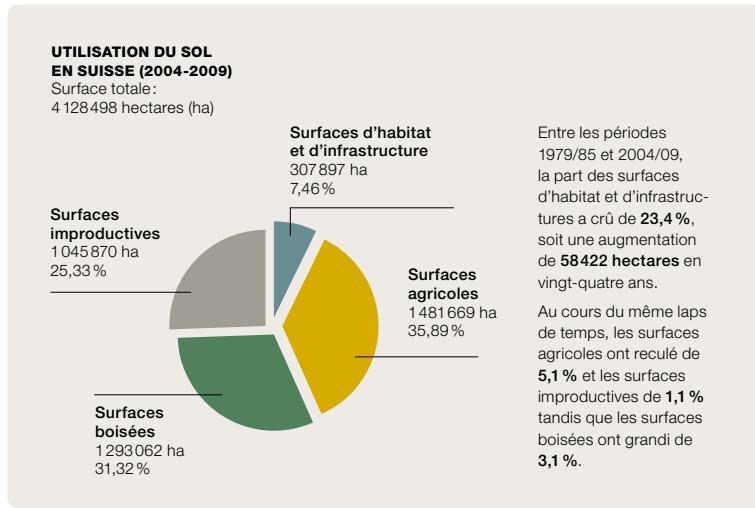
Thierry
Tanquerel

Professeur ordinaire au Département de droit public (Faculté de droit).

Directeur du Centre d'étude, de technique et d'évaluation législatives (CETEL).

Secrétaire général de l'Association internationale de droit de l'urbanisme (2005-2013), membre du Conseil scientifique du Groupe de recherches sur les institutions et le droit de l'aménagement, de l'urbanisme et de l'habitat, membre du Cercle de l'aménagement du territoire.

« EN 2012, C'EST LE SIGNAL CONTRAIRE QUI A ÉTÉ DONNÉ AVEC UNE VOLONTÉ DE SERRER LA VIS CLAIREMENT AFFICHÉE PAR LE CONSEIL FÉDÉRAL. »



Où en sommes-nous aujourd'hui?

Le Conseil fédéral a présenté en 2015 un projet portant sur le deuxième volet de la révision, qui a également soulevé de nombreuses oppositions. Ce qui a débouché sur la mise en consultation d'une nouvelle mouture cet été.

Quel est l'enjeu cette fois-ci?

L'accent a principalement été mis sur les règles concernant les possibilités de construction hors de la zone à bâtir, c'est-à-dire pour l'essentiel la zone agricole et les forêts, ainsi que les réserves et les zones protégées non bâties. Le projet présenté est relativement long (une vingtaine de pages) et assez technique. Beaucoup d'éléments ont été déplacés ou reformulés par rapport à la législation existante, mais sur le fond on pourrait presque considérer qu'il ne s'agit que d'un simple toilettage si le texte n'introduisait pas un nouvel article qui, lui, représente un véritable enjeu sur le plan juridique.

Que dit-il?

Seule innovation marquante, l'article 23d vise à redonner une marge de manœuvre aux cantons en ce qui concerne les constructions hors de la zone à bâtir puisqu'il prévoit de possibles dérogations aux règles de la LAT en la matière «si c'est nécessaire pour satisfaire des besoins spécifiques en raison des particularités de leur territoire». Le texte ajoute que ces nouvelles constructions devront être compensées afin que la charge globale sur l'environnement et le paysage ne varie pas.

Qu'est-ce qui vous gêne dans cet article?

On peut déjà s'interroger sur le fond de cette mesure. Sachant que les cantons ont mis du temps à respecter la LAT et qu'il a fallu que le Tribunal fédéral intervienne pour casser des dizaines de décisions avant qu'ils n'acceptent de filer droit, il paraît étrange de revenir aujourd'hui en arrière. Par ailleurs, comme l'ont souligné mes collègues du Cercle de l'aménagement du territoire dans leur récente prise de position, la forme de cet article pose également problème. Les termes employés pour décrire ce nouveau mécanisme sont en effet assez flous et les garde-fous peu nombreux. Cet article risque par conséquent d'ouvrir une brèche dans laquelle certains cantons pourraient s'engouffrer pour accentuer le mitage du territoire.

La loi évoque pourtant la nécessité de compenser toute nouvelle construction hors de la zone à bâtir...

L'idée n'est pas mauvaise en soi, puisqu'elle permettrait d'accélérer la reconversion de certains sites laissés à l'abandon. Mais dans le cas présent, ce sera aux cantons de gérer cet aspect, ce qui pose un problème de contrôle au niveau de la mise en œuvre. L'Office du développement territorial n'en a pas les moyens. Quant aux organisations de protection de l'environnement, elles ne peuvent pas être partout et leur droit de recours est, somme toute, limité.

Quelle est la conclusion de la prise de position émise par vos collègues?

En gros, on nous propose d'échanger le droit actuel, qui peut choquer certains par sa rigidité, par un système totalement expérimental intrinsèquement mal conçu. Mes collègues du cercle de l'aménagement du territoire estiment donc, et je suis parfaitement d'accord avec eux, que, si le principe de cet article est malgré tout maintenu, il faudra impérativement que le Conseil fédéral revoie sa copie.

Quel serait le risque dans le cas contraire?

Cet article pourrait mettre en péril l'ensemble de la révision. Il y aura peut-être une majorité parlementaire pour adopter cette proposition, mais les débats promettent d'être houleux. Et si c'est le cas, mon pronostic c'est que la menace d'un référendum sera immédiatement brandie. Avec des arguments du type «non au bétonnage du paysage», la campagne sera du pain bénit pour les opposants.

Certains cantons, dont Genève, espéraient que le statut des surfaces d'assoulement, ces territoires qui doivent rester en permanence disponibles pour l'agriculture, soit renégocié dans le cadre de cette révision. Qu'en est-il?

Je ne pense pas que le Conseil fédéral va entrer en matière sur le sujet. Le projet présenté stipule que la protection de ces surfaces va être renforcée en utilisant les instruments existants. Plus qu'à une modification de la loi, on peut donc s'attendre à un changement de pratique.

La question est cruciale pour Genève dans la mesure où le canton dispose de suffisamment de surfaces d'assoulement pour poursuivre ses projets d'expansion jusqu'en 2023 mais pas au-delà. Que se passera-t-il alors?

On pourra peut-être trouver des solutions comptables pour redécouvrir des surfaces d'assoulement en qualifiant comme telles certains territoires aujourd'hui désaffectés ou placés en zone de verdure. Mais au bout du compte, il faut se préparer à l'idée de faire des efforts pour utiliser au mieux la zone à bâtir existante parce que le canton ne pourra peut-être pas réaliser l'ensemble des extensions de celle-ci envisagées pour les années à venir (lire également en pages 20-23).

FERTILITÉ

LA BIODIVERSITÉ DES SOLS, UNE ASSURANCE POUR LA PRODUCTIVITÉ

Salvatore Di Falco, professeur à la faculté d'économie et de management, montre que la baisse de fertilité des sols, causée par leur surexploitation, peut être compensée par l'augmentation de la diversité des espèces de plantes cultivées.

« **L**orsque la fertilité des sols diminue – ce que l'on observe depuis des années un peu partout sur la planète –, augmenter la diversité des plantes cultivées sur une même parcelle permet de réduire le risque de mauvaises récoltes. Et cette mesure, sur le long terme, est très probablement moins coûteuse que le simple recours, année après année, à davantage de mécanisation et d'engrais, ce qui ne fait qu'appaupvrir davantage le sol.» Cette conclusion, qui semble frappée au coin du bon sens, est portée par des résultats scientifiques obtenus aussi bien en Afrique qu'en Europe par Salvatore Di Falco, professeur à l'Institut d'économie et d'économétrie (Faculté d'économie et de management, GSEM). «Cet effet de substitution est même plus important encore dans le cadre des changements climatiques, précise le chercheur. Et cela est valable également pour la Suisse, même si c'est dans une moindre mesure que dans le nord de l'Éthiopie, par exemple.» Cela fait plus de dix ans

«DANS LE CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES, LA BIODIVERSITÉ DU SOL ET DES CULTURES JOUE UN RÔLE MAJEUR DANS LE MAINTIEN DE LA PRODUCTIVITÉ»



Salvatore
Di Falco

Professeur d'économie environnementale au Département d'économie (Faculté d'économie et de management) depuis 2012.

Chercheur principal invité depuis 2012 au Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment à la London School of Economics.

Membre de l'Environment for Development Initiative (EfD) en Éthiopie.

Son calcul, toutefois, ne se contente pas du court terme, celui d'une saison, mais s'inscrit dans le temps long qui peut s'étaler sur plusieurs décennies.

Sa première étude sur ce thème, réalisée en 2006, a porté sur la région de Tigré, dans le nord de l'Éthiopie. Salvatore Di Falco a pu y mesurer un effet assez marqué de substitution, la probabilité d'une mauvaise récolte sur des sols appauvris étant minimisée grâce à la diversification des cultures.

Le chercheur a poursuivi ses travaux en intégrant la dimension temporelle. Il a en effet récolté des données provenant de fermes de toute l'Italie du Sud et couvrant une période d'environ vingt ans. Le même phénomène est apparu après l'analyse des données avec, comme résultat supplémentaire, une accentuation de l'effet lorsque les précipitations se font rares. «On peut d'ores et déjà affirmer que, dans le contexte de changements climatiques ayant comme conséquences une raréfaction des pluies, la biodiversité du sol et des cultures joue un rôle majeur dans le maintien de la productivité», explique Salvatore Di Falco.

Dans une troisième étude, parue le 17 septembre 2016 dans la revue *Ambio*, le chercheur a étendu son enquête sur plus de 3000 fermes réparties dans toute l'Italie et suivies durant plus de vingt ans. Une fois de plus, la conclusion est cohérente avec les précédentes. Non seulement la biodiversité des sols et celle des cultures ont un effet positif sur les revenus des fermiers mais, en plus, l'une peut agir comme substitut à l'autre.

«Favoriser la biodiversité dans et au-dessus du sol est absolument crucial pour soutenir la productivité ou la résilience des systèmes agricoles, insiste Salvatore Di Falco. Les implications économiques sont considérables. Car on parle ici des principales céréales échangées sur les marchés internationaux.»



HENRY BE - UNSPLASH

Résultat logique, le modèle d'exploitation de la terre qui selon lui porte le plus de chances d'assurer un revenu stable sur la durée est assez exigeant. Il implique de la part du fermier d'installer un système de rotation des cultures, de gérer en continu la fertilité du sol et d'assurer un impact chimique minimal sur la terre, donc de se contenter d'un usage très réservé d'engrais et de produits phytosanitaires. Il demande aussi de la patience. Ce genre d'approche produit des bénéfices qui mettent en effet du temps à se faire sentir. Mais ils sont alors plus robustes.

Logique inverse «L'agriculture intensive, actuellement dominante dans les pays industrialisés, suit une logique totalement inverse, souligne Salvatore Di Falco. Elle favorise les monocultures et épouse progressivement le sol. Pour augmenter la productivité malgré la baisse de la fertilité, elle utilise toujours plus de produits chimiques, mécanise l'exploitation et sélectionne les semences les plus productives tout en croissant les doigts pour que les prix des céréales sur le marché restent élevés. Cette stratégie, basée sur l'agrochimie et la chance, peut certes durer encore longtemps mais elle aura, sur le long terme, un coût plus élevé qu'un modèle alternatif.»

Pour le chercheur, au lieu de rechercher le profit immédiat après chaque récolte, il faudrait considérer le sol comme un bien qui peut prendre de la valeur avec le temps. Et la

seule façon d'y arriver consiste à jouer sur les deux tableaux complémentaires que sont la biodiversité de la terre et celle des cultures.

La Suisse n'est pas à l'abri de la chute de productivité liée à la baisse de la biodiversité des sols. Le problème est surtout lié à la géographie spécifique du pays et, en premier lieu, au fait que de nombreuses terres cultivées sont en pente. Cette caractéristique rend la productivité à risque dès le départ. À cela s'ajoutent une intensification et une concentration des précipitations sur des laps de temps de plus en plus courts qui ont pour effet de laver la couche de terre superficielle.

«Les statistiques montrent que depuis quinze ou vingt ans les précipitations deviennent de plus en plus erratiques et difficiles à prédire, note Salvatore Di Falco, qui s'apprête à lancer une étude sur la biodiversité et la productivité des sols suisses. Sans parler des crues qui se multiplient. La Suisse apporte une réponse politique assez bonne, pour l'instant. Cela dit, je pense qu'une solution à la baisse de la productivité des sols serait l'adoption simultanée de différentes technologies qui conservent le sol en conjonction avec le soutien de la biodiversité. Cela représente des investissements longs et coûteux. Mais à long terme, c'est profitable.»

GÉOTHERMIE

GENÈVE CONVOITE AVEC PRUDENCE LES CALORIES DE SON SOUS-SOL

LA CHALEUR PRÉSENTE SOUS LA SURFACE CONSTITUE UN POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE CONSIDÉRABLE. LE CANTON, QUI BÉNÉFICIE DE CONDITIONS GÉOLOGIQUES FAVORABLES, AIMERAIT BIEN EXPLOITER CETTE MANNE EN FORANT À GRANDE PROFONDEUR AVEC L'AIDE DES CHERCHEURS DE L'UNIVERSITÉ.



**Élias
Samankassou**

Maître d'enseignement et de recherche au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences).

Le territoire genevois est une ressource limitée, tiraillée entre des intérêts parfois divergents. Le sous-sol du canton, lui, n'a pas ce problème. Mis à part les gravières et les nappes phréatiques proches de la surface ainsi que quelques traces inexploitables d'hydrocarbures, il n'a jamais rien révélé de très précieux. Si ce n'est de la chaleur. Sous Genève, en effet, la température augmente un petit peu plus rapidement qu'ailleurs à mesure que l'on s'enfonce sous terre et cette caractéristique, si elle est combinée à une configuration géologique favorable, pourrait bien autoriser le développement d'une ou plusieurs centrales géothermiques capables de produire de l'électricité et couvrir, selon les estimations, les deux tiers des besoins en chaleur du canton. Une telle source d'énergie serait pour le moins la bienvenue à l'heure où la Suisse a décidé de sortir du nucléaire et où la menace des changements climatiques pousse les collectivités publiques à trouver rapidement des alternatives aux énergies fossiles.

Tel est en tout cas l'objectif de Géothermie 2020. Piloté par l'État de Genève et les SIG (Services industriels de Genève), en collaboration avec l'Université de Genève qui est chargée du volet scientifique, ce projet a débuté en 2014 et devrait culminer en 2020 avec l'exploration d'une série de puits de géothermie hydrothermale de moyenne profondeur (environ 2000 mètres). Après cela, si tout se passe bien et que les conditions géologiques le permettent, des sondes plus profondes permettant de produire de l'électricité seront envisagées. En attendant, une étape clé a été franchie cet automne avec un premier forage à 800 mètres de profondeur réalisé à Satigny, une opération indispensable pour préciser

les connaissances sur le sous-sol genevois et qui sera suivie par d'autres du même type durant les deux ou trois années à venir.

«Le projet de géothermie à Genève est conduit de manière très prudente, explique Élias Samankassou, maître d'enseignement et de recherche au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences) et l'un des trois chercheurs représentant l'UNIGE au sein de Géothermie 2020. L'État et les SIG ont décidé de commencer par un forage de faible profondeur suivi par d'autres de moyenne profondeur et de finir, lorsque la connaissance du sous-sol sera suffisante, avec un forage à plus de 4000 mètres. C'est assez malin. En procédant par étapes, peut-être éviterons-nous l'échec à l'image de ce qui est arrivé ces dernières années à Saint-Gall et à Bâle.»

Le projet de centrale géothermique saint-gallois a en effet été stoppé en

2014 en raison de débits d'eau chaude insuffisants mais aussi à cause du manque d'investisseurs. Quant à celui de Bâle, il a été abandonné à la suite d'une série de séismes (le plus puissant ayant atteint une magnitude 3,4 en décembre 2006) provoqués par l'injection d'eau sous pression dans le puits mesurant plus de 5000 mètres de profondeur. La ville rhénane, qui a connu une destruction massive en 1356 à la suite d'un tremblement de terre d'une magnitude estimée à 6,5, a préféré ne pas tenter le diable.

**«LE PROJET DE
GÉOTHERMIE À
GENÈVE EST CONDUIT
DE MANIÈRE TRÈS
PRUDENTE. C'EST
ASSEZ MALIN. EN
PROCÉDANT PAR
ÉTAPES, PEUT-ÊTRE
ÉVITERONS-NOUS
L'ÉCHEC »**

Campagne de prospection à l'aide de camions **vibreurs**, ici en août 2014, dans la campagne genevoise.

33





LES DIFFÉRENTES FORMES DE GÉOTHERMIE

En moyenne, lorsqu'on s'enfonce dans le sous-sol, la température augmente de 3 °C tous les 100 mètres. C'est cette chaleur enfermée dans les entrailles de la Terre qui est exploitée par la géothermie dont il existe différents types :

Faible profondeur (moins de 400 mètres). Une sonde géothermique est associée à une pompe à chaleur pour produire de la chaleur à partir d'eau souterraine ayant une température de 10 à 20 °C. Cette technique est déjà très répandue à Genève notamment pour chauffer des villas.

Hydrothermale de moyenne profondeur

(de 400 à 3000 mètres environ). L'eau chaude aux alentours de 70 °C, naturellement présente en profondeur, est pompée pour produire du chauffage ou de l'eau chaude sanitaire. L'eau refroidie est ensuite restituée dans la couche aquifère. Ce processus est exploité commercialement depuis des décennies dans de nombreux pays. Il est encore rare en Suisse.

Hydrothermale de grande profondeur

(plus de 3000 mètres). De l'eau captée à plus de 100 °C permet de produire non seulement de la chaleur mais aussi de l'électricité au moyen de turbines. L'eau froide est restituée à la couche aquifère. Assez complexes, certaines installations de ce type sont déjà en activité, notamment en Bavière et près de Paris. Le projet lancé à Saint-Gall mais finalement abandonné en 2014 fait partie de cette catégorie.

Péetrothermale (plus de 3000 mètres). La roche du socle, ou de la croûte terrestre, située à très grande profondeur, est fracturée pour laisser circuler de l'eau injectée depuis la surface. Le liquide se réchauffe à plus de 180 °C avant d'être pompé en surface pour produire de la chaleur et de l'électricité. Cette technologie est encore expérimentale. Il existe notamment un projet en Alsace. Celui de Bâle, abandonné en 2010, fait partie de cette catégorie.

«Le projet genevois, de son côté, bénéficie d'une volonté politique forte en faveur de la géothermie et d'un partenaire solide, les SIG, qui disposent des moyens d'investir dans ce programme dont le budget est tout de même estimé à 100 millions de francs», précise Élias Samankassou.

Pour évaluer en temps réel le risque de sismicité induite, qui est toujours latent dans ce genre de travaux, un réseau particulièrement dense de géophones (des capteurs permettant l'enregistrement des vibrations sismiques au travers du sol) a été installé au cours des dernières années dans tout le canton et même en France voisine par Matteo Luppi, professeur au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences) et son équipe. Ces instruments, souvent placés chez des particuliers, sont inclus dans le système de surveillance de l'activité sismique de la Suisse.

Au-delà de ces précautions indispensables, c'est dans le sous-sol que se trouve la clé du succès du projet Géothermie 2020. Les géologues ont depuis longtemps une idée approximative de la structure souterraine du bassin genevois. Les couches sédimentaires, qui suivent un plan légèrement incliné, remontent en effet en direction du nord-ouest et affleurent presque toutes sur les flancs et les crêtes du Jura. C'est ainsi que l'on sait que sous les restes du quaternaire (la dernière période géologique avant le présent) on trouve successivement, et dans l'ordre chronologique inverse, la molasse datant du tertiaire, les couches datant du Crétacé, du Jurassique puis du Trias qui ont vu évoluer les dinosaures, celles du Carbonifère et du Permien puis enfin le «socle» cristallin, c'est-à-dire la croûte terrestre proprement dite.

Quelques rares forages effectués dans la région offrent eux aussi des indications précieuses sur les caractéristiques des roches. L'un d'eux, creusé à Thônex en 1993, atteint 2690 mètres de profondeur et permet de fixer les hauteurs des couches géologiques à cet endroit. Il existe une poignée d'autres puits, essentiellement en France voisine, autour du Salève qui donnent quelques informations supplémentaires. Plus récemment, deux campagnes d'exploration sismique ont été réalisées en 2014 et 2015 dans le cadre du projet Géothermie 2020. Cette technique géophysique utilise des camions-vibrateurs pour envoyer dans le sous-sol des ondes de pression qui sont partiellement réfléchies par les couches sédimentaires successives. Des géophones judicieusement placés enregistrent les signaux qui remontent. L'analyse de ces données permet ensuite de reconstituer en trois dimensions le mille-feuille géologique du bassin genevois, y compris l'ensemble des failles qui le traversent à de nombreux endroits.

LA CONFIGURATION IDÉALE EST LA PRÉSENCE D'UNE COUCHE PROFONDE, POREUSE, PERMÉABLE ET QUI CONTIENT DE L'EAU CIRCULANT AVEC UN CERTAIN DÉBIT ET VÉHICULANT LA CHALEUR

Le professeur Andrea Moscariello et ses étudiants ont ainsi pu élaborer un premier modèle de la structure du sous-sol genevois. «Le problème, c'est que cela reste partiellement théorique, explique Élias Samankassou. Il est indispensable de recourir aux forages pour pouvoir caler les hauteurs des couches géologiques et, surtout, déterminer les caractéristiques des roches profondes telles que leur porosité, leur perméabilité, leur teneur en eau ou encore la température de cette dernière. Autant de données essentielles en vue d'une exploitation géothermique.»

La configuration idéale est la présence d'une couche profonde, qui soit poreuse, perméable et qui contienne de l'eau circulant avec un certain débit et véhiculant la chaleur horizontalement. Il faut également la présence de failles qui sont essentielles pour alimenter les profondeurs en eau grâce au ruissellement depuis la surface.

Le forage de Satigny, qui vient d'être achevé, est justement situé sur l'intersection de deux failles importantes. Le puits a traversé la molasse et a touché les premières couches du Crétacé. Pour ce premier trou, les techniciens n'ont extrait aucune carotte que les géologues auraient pu analyser. Cela aurait multiplié par six ou dix le prix de l'opération et considérablement rallongé le travail. Les scientifiques ont toutefois pu récupérer les débris de roches qui remontent à la surface en même temps que les boues de la foreuse. L'estimation de la position d'origine de ces échantillons est imprécise, mais suffisante pour en tirer des informations utiles. Les chercheurs ont également la possibilité d'envoyer des sondes dans le trou pour mesurer différents paramètres physiques et chimiques des roches.

Même s'il n'est qu'exploratoire, ce puits de Satigny pourrait, selon les résultats, déboucher sur une première exploitation thermique. Il semblerait qu'il existe déjà un gradient de température intéressant au sein de la couche molassique. De l'eau à une quinzaine de degrés pourrait suffire, avec le coup de pince d'une pompe à chaleur, à produire de la chaleur en hiver tout en fournissant de la fraîcheur durant l'été.

« LA MACHINE RESTE À DES ANNÉES-LUMIÈRE DU CERVEAU HUMAIN »

LES RISQUES LIÉS AU DÉVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE SONT RÉELS MAIS SURESTIMÉS, SELON **JACQUES ATTALI**. À CONDITION TOUTEFOIS DE CONSERVER UN MOYEN DE DÉBRANCHER LE SYSTÈME À TOUT MOMENT.

Les robots finiront-ils par se rebeller contre leurs créateurs pour mener l'Humanité à sa perte? Abondamment nourrie par le cinéma (du mythique *2001 l'Odyssée de l'espace*, en passant par *Terminator* ou le récent *Blade Runner 2049*), l'hypothèse est aujourd'hui jugée sérieuse tant par des scientifiques de renommée mondiale, comme le physicien Stephen Hawking, que par les dirigeants de la plupart des grandes entreprises actives dans le domaine des nouvelles technologies. Au point que ceux-ci plaident aujourd'hui pour que toutes les informations relatives à l'intelligence artificielle soient rendues publiques (lire *Campus* 124). «Spin doctor» le plus écouté de France, l'économiste et essayiste français Jacques Attali estime toutefois que cette menace, bien que réelle, doit être nuancée. Rencontre en marge d'une conférence donnée dans le cadre de l'édition 2017 des prix Latsis, distinctions qui récompensent chaque année des chercheurs talentueux issus des hautes écoles suisses.

Campus: «L'intelligence artificielle» est aujourd'hui devenue un concept «fourre-tout». Comment la définiriez-vous?

Jacques Attali: À mon sens, ce qui relève réellement de l'intelligence artificielle se limite aux logiciels auto-apprenants: ceux qui guident les véhicules autonomes, ceux qui permettent aux machines de prédiction ou de traduction de fonctionner ou encore celui qui est parvenu à battre l'homme au jeu de go.

Faut-il craindre que ces innovations ne se retournent un jour contre l'Humanité?

Toute activité humaine comporte des risques.

Dans le cas présent, le plus évident est celui de voir disparaître un grand nombre de métiers ou plus exactement de tâches répétitives. Selon moi, toutefois, c'est plutôt une chance puisque cela conduira à déplacer les activités humaines vers des domaines plus intéressants, ce qui est avant tout une question d'éducation, de formation et de gestion du temps de travail, sujets avec lesquels l'histoire humaine est familière depuis trois mille ans. Sur ce point précis, le vrai risque serait donc de mal gérer la transition liée au progrès technique.

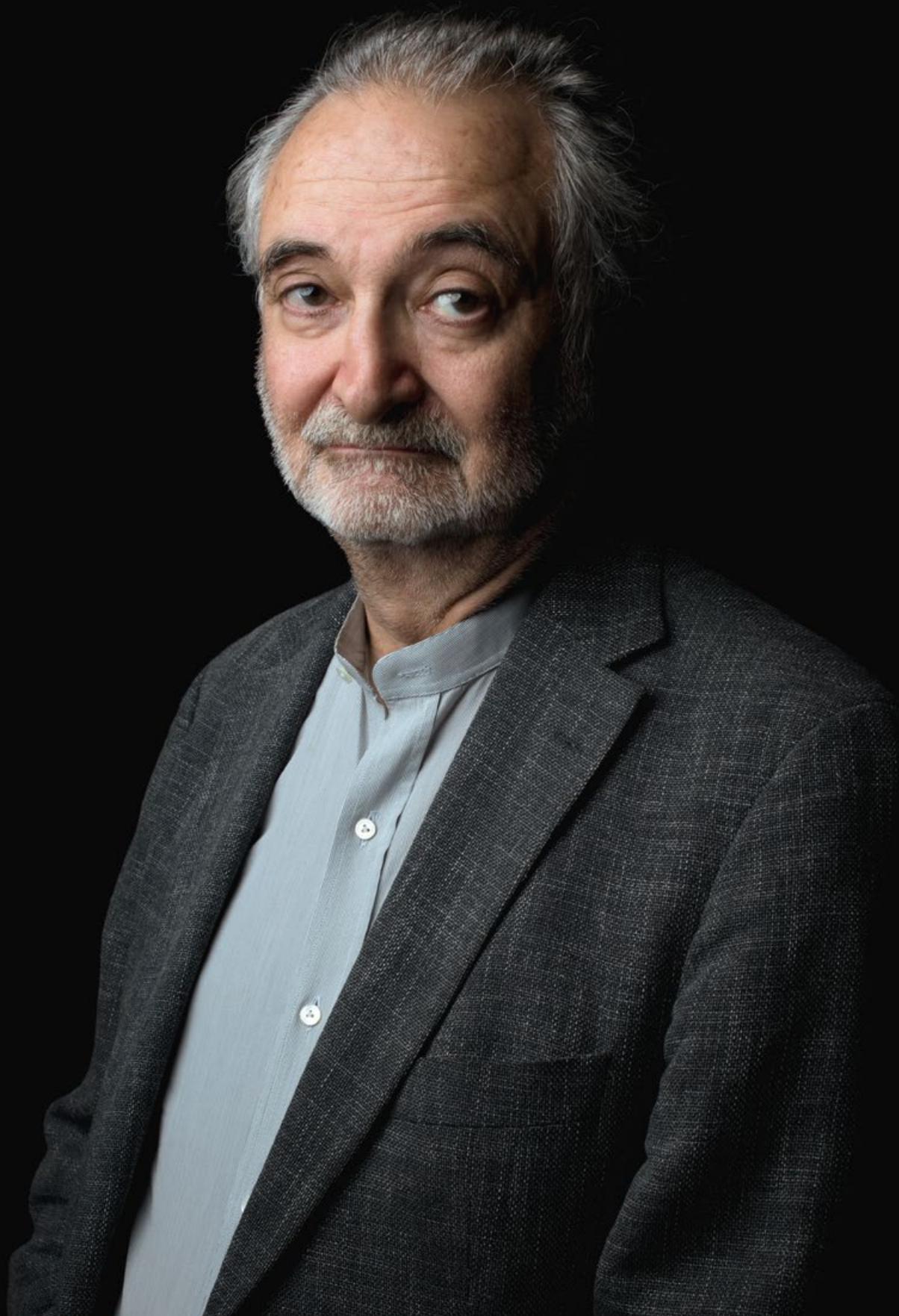
Même la machine la plus parfaite peut cependant être victime d'un «bug» ou d'un piratage...

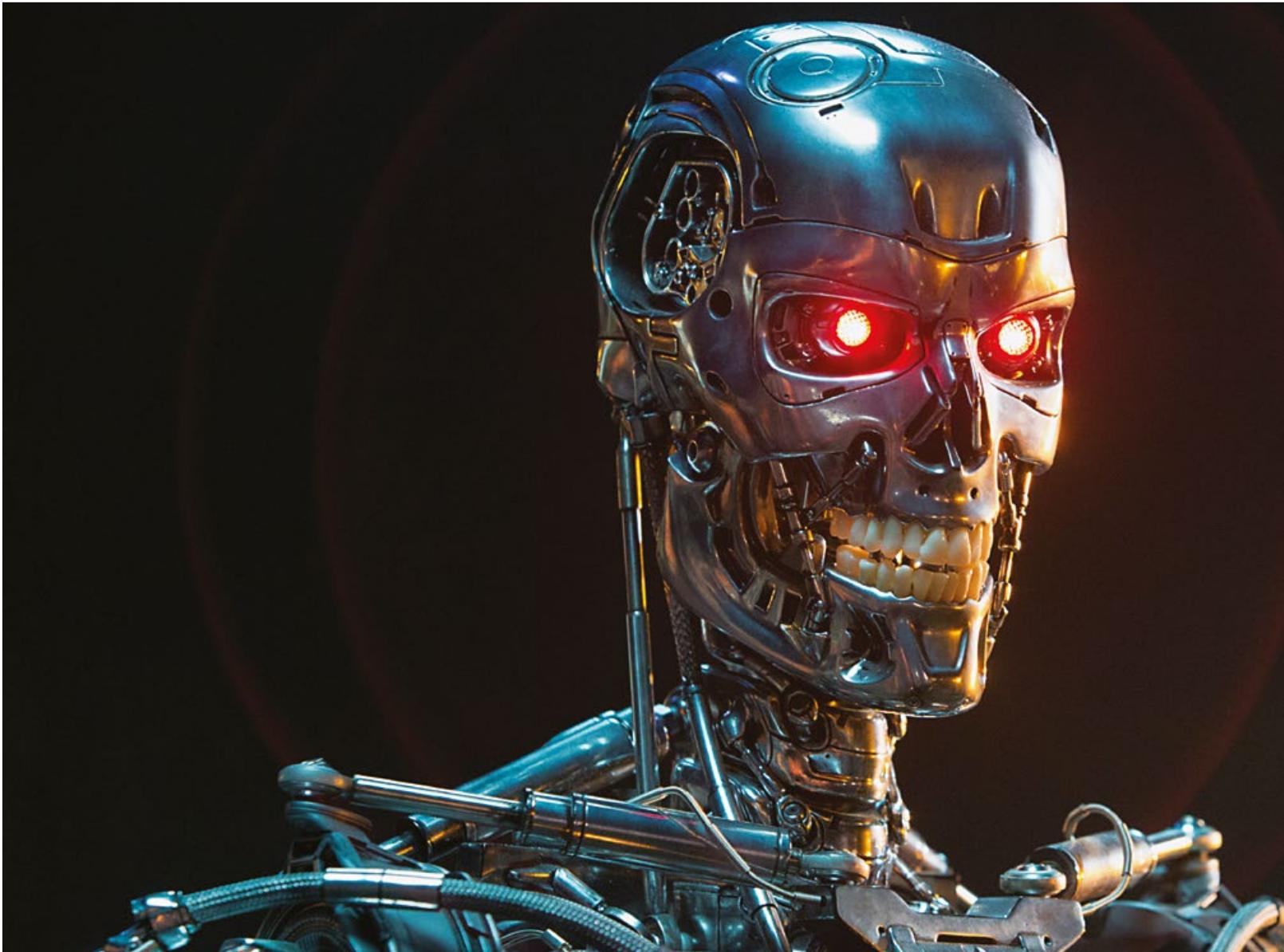
La possibilité que des robots conçus pour tuer à des fins militaires agissent soudainement de leur propre initiative ou que des voitures autonomes se mettent à foncer dans la foule comme le font les terroristes aujourd'hui existe effectivement. On peut néanmoins s'en prémunir.

Comment?

Pour commencer, rien ne nous empêche de glisser dans les machines que nous fabriquons des règles de comportement comme celles énoncées par l'écrivain de science-fiction Isaac Asimov, à savoir qu'un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, en restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger; qu'un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi et qu'un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi. Ensuite, la machine pouvant par exemple considérer que pour servir

Jacques Attali est l'auteur d'une soixantaine d'essais tirés à 7 millions d'exemplaires et traduits en 22 langues. Dernier en date : « Histoires de la mer » paru en septembre 2017.





Jacques Attali

1^{er} novembre 1943:

Naissance à Alger

1956: Installation à Paris

1968-1970: École nationale d'administration (ENA)

1972: Doctorat en sciences économiques à l'Université Paris-Dauphine

1979: Fondation de l'ONG internationale «Action contre la faim»

1981-1991: Conseiller spécial de François Mitterrand

1991: Fondation de la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD)

2008: Lancement du Forum de l'économie positive avec l'actuel premier ministre français Édouard Philippe

l'Humanité il faut détruire la nature et donc nous condamner indirectement, il faudra impérativement veiller à garder en permanence la possibilité de débrancher le système.

Qui pourrait fixer les règles que vous jugez indispensables, sachant qu'aujourd'hui l'intelligence artificielle se développe essentiellement grâce à des entreprises privées, généralement nord-américaines et peu enclines à limiter leur marge de manœuvre en édictant des normes contraignantes ?

Pas grand monde pour l'instant. Mais cela ne veut pas dire que la partie est perdue. Il existe aujourd'hui une charte des droits de l'humanité et on travaille actuellement sur une charte des droits du vivant. On pourrait tout à fait imaginer inclure dans ce texte les principes de protection dont nous avons parlé plus haut. Resterait ensuite à trouver le moyen de les faire respecter grâce à une quelconque forme de police internationale. Nous n'en sommes toutefois pas là pour l'instant compte tenu de l'écart qui sépare

encore les possibilités de l'intelligence artificielle et les compétences du cerveau humain.

Certaines machines, à l'image du logiciel qui a battu un être humain au jeu de go, semblent pourtant d'ores et déjà capables de surpasser l'intelligence humaine...

Remporter une partie lors d'un jeu de stratégie est une chose. Être capable de reproduire ce que fait le cerveau humain en est une tout autre. Il y a en effet dans nos actes et dans nos choix une dimension intuitive, irrationnelle, prédictive qui est encore difficilement reproduicible par une machine. Aujourd'hui, l'intelligence artificielle dispose d'une puissance de calcul équivalant à celle de quelques milliers de neurones. Or notre cerveau en compte un milliard et il y a 10^{15} synapses et plus encore de relations entre ces dernières, relations dont on ne comprend encore pas grand-chose. Par ailleurs, l'intelligence artificielle reste dans le domaine de la causalité, tel événement entraînant tel autre. Ce qui n'est pas tellement le cas du cerveau humain

Dans le film « Terminator » de James Cameron (1984), le T-800 est un cyborg programmé pour éliminer physiquement toute résistance humaine dans la guerre qui oppose les machines douées d'intelligence artificielle à l'Humanité.

dont seuls 5% fonctionnent selon cette logique, le reste utilisant des procédés beaucoup plus complexes visant à prévoir son état ultérieur et qui peuvent entraîner des réactions très différentes selon les individus. Dans les domaines qui demandent une anticipation permanente, la machine reste donc à des années-lumière du cerveau humain.

Trouvez-vous qu'on accorde trop d'importance à ce sujet ?

L'intelligence artificielle renvoie à quelque chose de très profond dans l'histoire humaine et qui touche à notre désir d'immortalité. Je comprends donc très bien la fascination qu'elle peut exercer. Il ne faut cependant pas perdre de vue que le développement de l'intelligence artificielle n'est pas le seul danger qui pèse sur l'humanité ni le plus imminent.

Pouvez-vous préciser ?

Je crains beaucoup qu'en se focalisant sur les dangers supposés de l'intelligence artificielle on n'en vienne à négliger des sujets comme l'injustice, la montée des inégalités ou le changement climatique, qui constituent pourtant des menaces bien plus urgentes pour l'Humanité. Je regrette également que l'on minimise souvent les bénéfices que cette révolution technologique peut apporter.

Et quels sont-ils ?

Il y a de nombreux domaines dans lesquels l'intelligence artificielle peut être extrêmement utile. C'est le cas de tout ce qui touche à la prévention, que ce soit en termes de risques, de sécurité ou de santé. Mais c'est aussi vrai pour l'éducation et les services à la personne. Autant de sujets où l'intelligence artificielle permettra de réduire les dépenses publiques et donc les besoins en impôts. Il peut aussi être intéressant de l'utiliser pour ses capacités d'expertise. Une société de Hong Kong a d'ailleurs d'ores et déjà intégré un robot à son conseil d'administration.

Enfin, c'est un marché considérable puisque les chiffres avancés dépassent la dizaine de milliards de dollars.

Compte tenu de la puissance dont dispose aujourd'hui les GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon), l'Europe a-t-elle encore une carte à jouer sur ce terrain ?

Je ne crois pas du tout que la partie soit perdue pour l'Europe à condition qu'elle se donne les moyens de rattraper son retard. La course ne fait que commencer et l'avance des GAFA n'est pas si grande qu'il peut y paraître. La Chine, par exemple, fait actuellement des progrès énormes dans ce domaine. Au point qu'elle est devenue un vrai concurrent pour les États-Unis.

« LE DÉVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE N'EST PAS LE SEUL DANGER QUI PÈSE SUR L'HUMANITÉ NI LE PLUS IMMINENT »

Que faudrait-il faire selon vous ?

Aux États-Unis comme en Chine, c'est la recherche militaire qui est le principal moteur de découvertes dans le domaine de l'intelligence artificielle. À mon sens, il faudrait donc créer l'équivalent, à l'échelon européen, de ce qui existe sous le nom de DARPA aux États-Unis (« Agence pour les projets de recherche avancée de défense », ndlr). Cette instance du Ministère de la défense est chargée de la recherche et du développement de nouvelles technologies destinées à un usage militaire et on lui doit notamment les prémisses d'Internet.



EN NAMIBIE, DANS LES CENDRES DE L'EXPLOSION CAMBRIENNE

UNE COUCHE DE CENDRES VOLCANIQUES VIEILLE DE PLUS DE 500 MILLIONS D'ANNÉES ET DÉCOUVERTE EN NAMIBIE A PERMIS DE DATER AVEC UNE PRÉCISION INÉDITE LA TRANSITION ENTRE LES ÈRES GÉOLOGIQUES DU PRÉCAMBRIEN ET DU CAMBRIEN, MARQUÉE PAR UN FOISONNEMENT EXCEPTIONNEL DES FORMES DE VIE: L'EXPLOSION CAMBRIENNE.

La décision de partir dans le désert de Namibie a été prise en cinq minutes. Maria Ovtcharova, chercheuse au Département des sciences de la Terre (Faculté des sciences), n'a pas vraiment hésité lorsque l'occasion s'est présentée d'aller récolter des échantillons sur un des rares sites à la surface de la planète où l'on trouve des archives géologiques remontant à l'«explosion cambrienne». Survenue il y a plus d'un demi-milliard d'années, celle-ci marque la limite entre une vie représentée par des organismes mous et simples et l'apparition soudaine d'une multitude impressionnante de nouvelles espèces animales. Le voyage de Maria Ovtcharova en Afrique australe n'a duré que trois jours et ne s'est pas exactement déroulé comme prévu, mais il s'est terminé sur un succès puisque l'analyse des échantillons récoltés a permis de corriger la date de l'événement qui marque la transition entre l'ère du Précambrien et celle du Cambrien et ce, dans le sens d'un rajeunissement, ce qui pourrait

avoir d'importantes répercussions pour toute la recherche qui se focalise sur cette période clé. «*L'histoire de la vie sur Terre passe par un certain nombre d'événements dramatiques qui sont plus ou moins bien connus*, explique Maria Ovtcharova.

LA TERRE SE SERAIT REFROIDIE À PLUSIEURS REPRISES D'UNE MANIÈRE EXTRÊME AU POINT D'ÊTRE RECOUVERTE DE GLACE DES PÔLES À L'ÉQUATEUR

L'explosion cambrienne, qui a eu lieu il y a 540 millions d'années, fait partie de ceux que l'on aimeraît mieux comprendre. Avant cette limite, on ne trouve dans les couches géologiques quasiment que des traces fossiles laissées par des organismes mous.



MARIA OTVTCHAROVA

Après, c'est un foisonnement spectaculaire de formes de vie. On assiste en particulier à une diversification très rapide des organismes multicellulaires et, entre autres, à l'apparition des ancêtres des 11 embranchements du règne animal qui existent encore aujourd'hui (sans compter tous ceux qui ont disparu). C'est également l'époque du développement des premières coquilles. En d'autres termes, notre existence actuelle doit beaucoup à ce qui s'est déroulé dans ce lointain passé.»

Une des explications possibles à l'explosion cambrienne se trouve dans l'hypothèse, encore débattue, de la «Terre boule de neige». Selon cette dernière, la planète bleue – ou blanche en l'occurrence – aurait connu une phase dans son histoire (entre 750 et 580 millions d'années avant notre ère) au cours de laquelle elle se serait refroidie à plusieurs reprises d'une manière extrême au point d'être intégralement recouverte de glace, des pôles à l'équateur. Au cours de ces épisodes de glaciation globale, qui auraient parfois duré plusieurs millions d'années, la vie aurait subi autant de coups d'arrêt brutaux et n'aurait probablement subsisté qu'au fond des océans, près des sources hydrothermales.

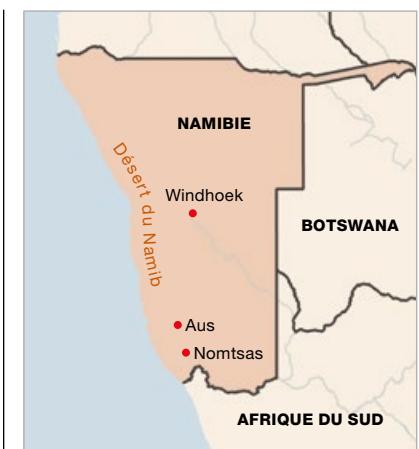
Emballement brusque La recolonisation des terres a sans doute démarré dès la fin du dernier épisode «boule de neige», il y a 580 millions d'années, au cours de la seconde moitié de l'Édiacarien, une période qui marque la fin du Précambrien. Ce processus passe quasiment inaperçu dans les archives géologiques (à quelques exceptions près) durant 40 millions d'années environ, une période peut-être entre-coupée d'autres glaciations importantes mais

encore peu documentées. Puis, il y a 540 millions d'années, les choses s'emballent brusquement. Pour les géologues désireux d'en savoir plus, la priorité consiste à retracer la chronologie des événements avec le maximum de précision possible. Une tâche taillée sur mesure pour le Laboratoire de géochimie des isotopes, de géochronologie et de thermochronologie de l'UNIGE dirigé par le professeur Urs Schaltegger et dont Maria Ovtcharova fait partie.

«La spécialité de notre laboratoire est en effet la datation de couches géologiques à l'aide de petits cristaux de zircon, explique Maria Ovtcharova. Ces derniers sont produits dans les chambres magmatiques des volcans avant d'être expulsés lors des éruptions. Les cristaux de zircon ont l'avantage d'être robustes, c'est-à-dire de traverser le temps sans problème, et de piéger au cours de leur croissance des isotopes tels que ceux d'uranium et de thorium. En collaboration avec d'autres équipes dans le monde, notre laboratoire a mis au point une méthode de mesure de la désintégration de ces atomes qui nous permet, depuis une dizaine d'années, de dater avec une très grande précision des couches géologiques très anciennes. À condition, bien sûr, de disposer de dépôts de cendres placés juste avant et juste après les strates qui nous intéressent afin d'établir une fourchette chronologique.»

En ce qui concerne l'explosion cambrienne, il existe des affleurements datant de cette époque au Canada (en Terre-Neuve-et-Labrador), en Afrique (Namibie), en Afrique du Sud, autour de la mer Baltique et en Australie. Le problème, c'est que ces sites ne sont presque jamais complets. Certains présentent des séquences sédimentaires continues, d'autres

La montagne Nomtsas, dans le sud de la Namibie. Les couches géologiques correspondant à la transition entre les périodes géologiques du Précambrien et du Cambrien se trouvent proches du sommet.



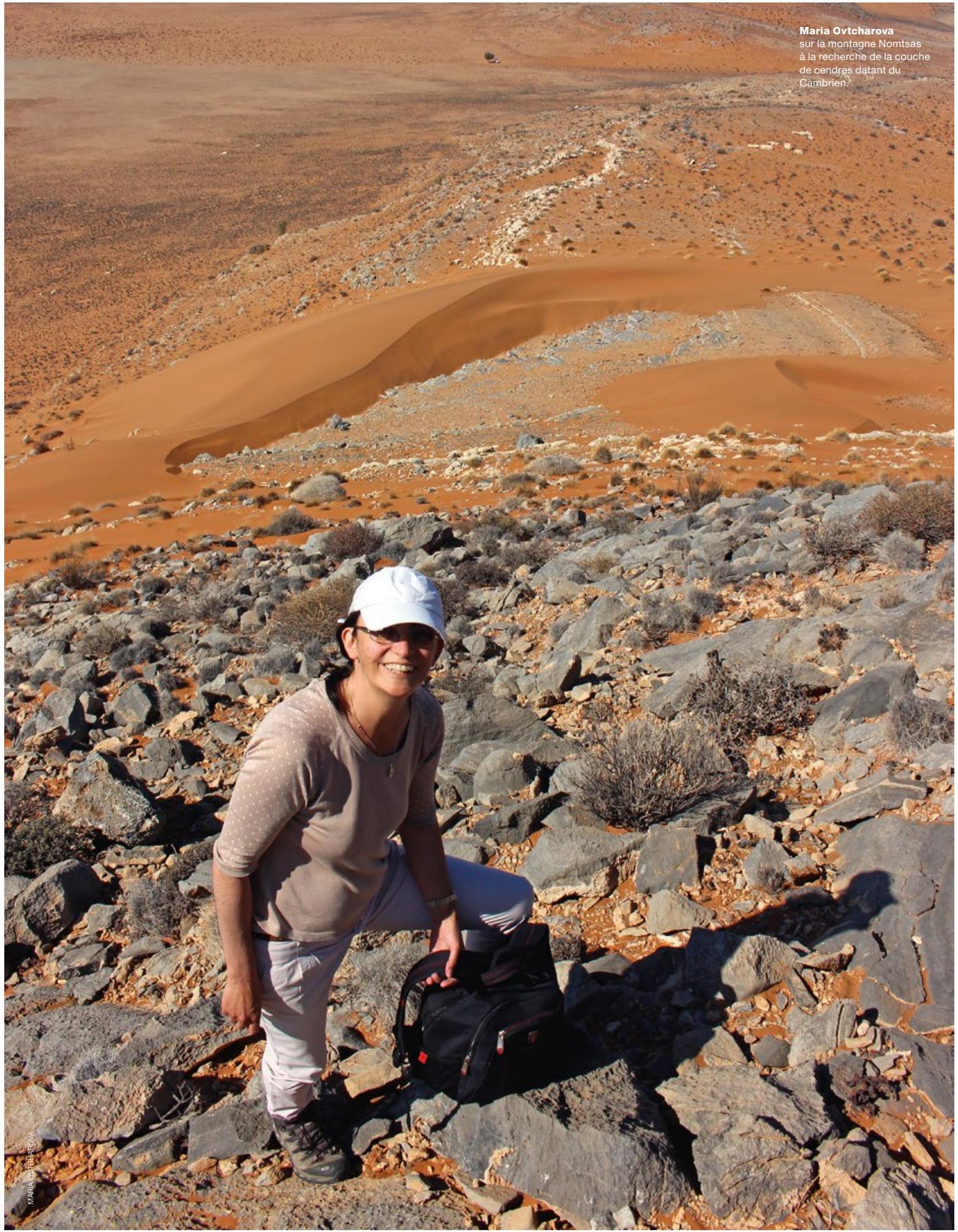
Namibie

Ce pays est un des rares endroits sur Terre où l'on peut trouver des couches géologiques datant de l'explosion cambrienne, survenue il y a 540 millions d'années.

Capitale: Windhoek

Population: 2,1 millions d'habitants

Superficie: 825 418 km²



Maria Ovtcharova
sur la montagne Nomtsas
à la recherche de la couche
de cendres datant du
Cambrien.

contiennent d'excellents enregistrements fossiles, d'autres encore de nombreuses couches de cendres volcaniques, mais rarement les trois à la fois.

«Il y a 2 ans, des collègues ont prélevé des échantillons sur une montagne située dans le désert du Namib, le Swartpunt, qui semblait avoir toutes les qualités requises, explique Maria Ovtcharova. Ils contiennent cinq couches de cendres situées dans le Précambrien et une dans le Cambrien. Le problème, c'est qu'on a constaté, après analyse, que cette dernière est en réalité formée de matériel volcanique qui a été remanié et qui n'a pas forcément de lien avec la couche sédimentaire qui le contient. On ne peut donc malheureusement rien en faire.»

Le déclic Après un moment de déception, le déclic est venu l'été dernier avec un coup de fil d'un collègue, Ulf Linnemann, professeur au Musée de minéralogie et de géologie de Dresden en Allemagne. Il raconte alors à Maria Ovtcharova qu'une équipe américaine, partie en Namibie il y a plusieurs années, lui a confié avoir découvert, sur une autre montagne appelée Nomtsas, une couche de cendres appartenant au Cambrien et située très près de la transition avec Précambrien.

«Les Américains lui ont expliqué approximativement où se trouvait ce dépôt volcanique et Ulf Linnemann m'a alors déclaré être assez fou pour vouloir se rendre immédiatement sur place pour en avoir le cœur net, se souvient Maria Ovtcharova. Je lui ai répondu que j'étais assez folle pour venir avec lui. Résultat, à peine quelques jours plus tard, nous atterrîsons à Windhoek, la capitale de la Namibie et prenons directement la route en direction du sud. Après sept heures de voyage, nous arrivons à Aus, une localité à la limite du désert du Namib et proche de notre objectif.»

Ulf Linnemann dispose des autorisations de prospection sur les endroits qu'il a choisis. Une précaution utile étant donné que, dans cette région, toutes les terres sont des propriétés privées, y compris celles sur lesquelles se trouvent le Swartpunt et le Nomtsas.

Dès le lendemain, les géologues se mettent au travail. D'abord sur le Swartpunt, pour récolter davantage de matériel géologique. Puis, le deuxième jour, plus au sud, sur le Nomtsas, le véritable objectif du voyage.

La limite entre le Précambrien et le Cambrien est rapidement identifiée mais, après huit heures de recherche, toujours aucune trace de cendres. *«Nous étions pourtant cinq à passer cette montagne au peigne fin, se désole Maria Ovtcharova. Nous avons découvert des petits fragments mais pas de véritable couche de cendres. Notre expédition menaçait de tourner au fiasco lorsque, à la toute fin de la journée, nous identifions enfin un dépôt de moins de 5 centimètres d'épaisseur, qui ne correspondait pas du tout à la description que l'on nous avait faite. Quoi qu'il en soit, notre voyage, qui a pris fin le jour d'après, a été un succès.»*

«NOTRE EXPÉDITION MENAÇAIT DE TOURNER AU FIASCO LORSQUE, À LA TOUTE FIN DE LA JOURNÉE, NOUS IDENTIFIONS ENFIN UN DÉPÔT TRÈS MINCE DE CENDRES»

En combinant les données récoltées sur les deux montagnes (les couches de cendres du Précambrien provenant du Swartpunt et celle du Cambrien du Nomtsas), les chercheurs sont désormais à même de mesurer une date assez précise du passage entre les deux ères géologiques. Selon les premiers résultats, qui doivent encore être publiés, il semblerait que cette limite soit plus jeune que prévu d'environ 2 millions d'années (l'incertitude sur la mesure se monte à moins de 150 000 ans, soit dix fois mieux qu'il y a 10 ans seulement).

«Le fait de disposer d'une date aussi précise permet de mieux mesurer le temps qui sépare le dernier épisode de Terre «boule de neige» et l'explosion cambrienne, analyse Maria Ovtcharova. Du coup, on peut mieux circonscrire la période dans laquelle il faut chercher les signes de changements climatiques, de modifications dans les substrats carbonatés, dans les écosystèmes marins, brefs de tous les paramètres nécessaires à expliquer l'explosion cambrienne.»

Totalement remplacée Cela dit, le terme d'explosion est peut-être pertinent selon les échelles géologiques, mais dans la réalité, les événements se sont probablement déroulés de manière plus graduelle. Les archives géologiques montrent certes que la faune de l'Édiacarien a disparu et a été totalement remplacée par la faune du Cambrien, radicalement différente. Mais les dernières publications sur le sujet indiquent qu'en réalité, il existait déjà des organismes complexes durant l'Édiacarien. Par conséquent, de plus en plus de chercheurs estiment qu'il n'y a pas eu d'extinction de masse, comme on le pensait, mais plutôt une transition évolutive, par étapes, qui a mené le monde à un point où des organismes multicellulaires complexes ont finalement pu foisonner de manière exponentielle.

Selon ce scénario, les épisodes «boule de neige» ont préparé le terrain à l'explosion cambrienne. La fin du dernier de ces coups de froid massifs est en effet suivie d'un énorme bouleversement environnemental. La brusque fonte des glaces fait monter le niveau des mers et entraîne une importante érosion des masses continentales. Des cours d'eau gonflés de sédiments auraient alors charrié d'énormes masses de nutriments carbonatés vers les océans, favorisant l'essor de nouvelles formes de vie multicellulaire. Celles-ci, après avoir connu une période prolongée d'isolement génétique et de pression sélective, se seraient diversifiées et auraient recolonisé une planète vierge.

Anton Vos

AUGUSTE DE LA RIVE, UN SAVANT FÉRU DE DIPLOMATIE SECRÈTE

**PROFESSEUR
DE PHYSIQUE,
CHERCHEUR
RECONNNU, RECTEUR
ET PARLEMENTAIRE
GENEVOIS, IL NE
MANQUAIT PLUS QU'À
AUGUSTE DE LA RIVE
D'ŒUVRER POUR LA
DÉFENSE DE SON
JEUNE PAYS. CE QU'IL
FAIT EN 1860 DANS LE
CADRE D'UNE MISSION
DE LA « DERNIÈRE
CHANCE » VISANT À
EMPÊCHER L'ANNEXION
DE LA SAVOIE PAR LA
FRANCE.**

Le 24 mars 1860 au matin, l'éminent professeur genevois Auguste De la Rive (1801-1873) débarque à Londres après un voyage organisé à la hâte. Le motif de son séjour en Angleterre est officieux: le Conseil fédéral lui a confié en urgence une mission secrète – dite de la « dernière chance » – auprès des autorités britanniques. Des rumeurs persistantes évoquent en effet une annexion imminente de la Savoie par la France. Un cadeau de l'Italie, en quelque sorte, pour remercier l'empereur Napoléon III d'être intervenu auprès du royaume de Sardaigne dans sa guerre contre l'Autriche. Or, cette éventualité représente une menace pour la sécurité de la Suisse – et, partant, de l'Europe – dont la neutralité est explicitement liée, par des Traités de 1814 et 1815, à celle des régions savoyardes voisines du Chablais, du Faucigny et de certaines parties du Genevois.

Le choix d'Auguste De la Rive pour tenter de convaincre les Britanniques d'user de leur pouvoir afin d'empêcher l'absorption de la Savoie par son puissant voisin peut paraître surprenant

au premier abord. Même s'il est un ancien recteur de l'Académie de Calvin (ancêtre de l'Université de Genève), un scientifique reconnu au niveau international et un homme politique local influent, son expérience diplomatique est pour le moins sommaire, comme le fait

remarquer Pierre Flückiger, archiviste d'État du canton de Genève, dans un chapitre de l'ouvrage collectif *Aux sources de l'histoire de l'annexion de la Savoie* (Ed. Peter Lang, 2009). Sa correspondance avec des membres des autorités fédérales montre d'ailleurs qu'à plusieurs reprises il demande conseil sur des questions

**EN 1860, LA
CONFÉDÉRATION
SOUFFRE D'UNE
QUASI-ABSENCE DE
CORPS DIPLOMATIQUE
PROFESSIONNEL. ELLE
EST DONC PARFOIS
FORCÉE DE CHOISIR
AU CAS PAR CAS SES
REPRÉSENTANTS À
L'ÉTRANGER**

aussi élémentaires que l'étiquette de la cour, la tenue vestimentaire ou encore la confidentialité dans l'acheminement de son courrier. Il se trouve toutefois qu'en 1860, la Confédération helvétique, dans sa forme moderne, n'a que douze ans et souffre d'une



Darier fecit.

Girardet imp.

Auguste de la Rive.

quasi-absence de corps diplomatique professionnel. Elle est donc parfois forcée de choisir au cas par cas des envoyés spéciaux pour mener à bien ses visées diplomatiques. Et de ce point de vue, Auguste De la Rive n'est pas le premier venu.

Une dynastie scientifique Né en 1801, il est le second d'une dynastie de scientifiques genevois de renom. Son père, Gaspard De la Rive (1770-1834), est un médecin aliéniste célèbre, physicien et chimiste dont les travaux sont suffisamment remarquables pour attirer régulièrement dans son laboratoire de Presinge, dans la campagne genevoise, des grands noms de la physique européenne de l'époque comme Humphry Davy, Michael Faraday, André-Marie Ampère, François Arago et bien d'autres.

Grandissant dans un tel univers, assistant son père dans ses manipulations, il n'est guère étonnant que le jeune Auguste prenne rapidement goût à la démarche scientifique. Délaissez les études de droit au Collège, il se concentre sur la physique expérimentale. Au début des années 1820, il effectue notamment des expériences en compagnie du physicien français André-Marie Ampère (dont le nom a été donné à l'unité mesurant l'intensité du courant électrique) venu rendre visite à son père. Les résultats obtenus à cette occasion révèlent certaines propriétés de l'induction électromagnétique, un phénomène encore inconnu à l'époque, mais le célèbre savant français ne parvient pas à en reconnaître l'importance – ce que fera à sa place le physicien

britannique Michael Faraday neuf ans plus tard. À la suite de cet épisode, Ampère confie dans une lettre adressée à Gaspard le bonheur qu'il a eu de faire la connaissance de son fils Auguste au sujet duquel il précise, comme le rapporte Isaac Benguigui, collaborateur à l'Unité d'histoire et de philosophie des sciences (Faculté des sciences), dans son livre consacré aux De la Rive*: «*Je ne doute nullement qu'il n'acquière bientôt un rang distingué parmi ceux qui travaillent avec le plus de succès à l'avancement des sciences.*»

La prophétie se réalisera assez vite. À seulement 22 ans, Auguste De la Rive est nommé professeur de physique générale à l'Académie, une chaire qu'il échange en 1825 contre celle de physique expérimentale après le décès de

Auguste De la Rive (1801-1873)

Professeur de physique et recteur de l'Académie

1801: Naissance d'Arthur-Auguste De la Rive

1823: Professeur à l'Académie

1837: Recteur de l'Académie (il sera réélu à ce poste en 1843)

1840: Prix Montyon pour sa mise au point de la dorure galvanique

1842-44: Député au Grand Conseil

1846: Démission de l'Académie à la suite de la révolution radicale

1854-1858: Publication de son *Traité d'électricité théorique et appliquée* en trois volumes.

1860: Ministre plénipotentiaire en Angleterre

1862: Député au Grand Conseil

1873: Décès à Marseille

Marc-Auguste Pictet, figure incontournable de la discipline à l'époque. Commence alors une longue et fructueuse carrière de chercheur qui l'amène à s'intéresser à des sujets aussi divers que la théorie chimique de la pile électrique, la dorure galvanique ou encore des phénomènes magnétiques et électriques comme l'induction ou l'action calorifique des courants électriques. La maison familiale à Presinge, puis son logement dans la Vieille-Ville de Genève, continuent d'être un lieu de rendez-vous pour nombre de scientifiques européens.

Aucune découverte ne porte son nom mais Auguste De la Rive est l'auteur, entre autres, de 142 articles parus dans la seule *Bibliothèque universelle*. Cette revue, dont il occupera la place de rédacteur en chef de 1835 à 1857, est fondée à Genève en 1796. Elle jouit d'une excellente audience en Europe dans les milieux littéraires et scientifiques. C'est par ce canal que les travaux sur les vaccins du médecin anglais Edward Jenner ou encore ceux sur l'électromagnétisme du physicien danois Hans Christian Ørsted sont diffusés en Europe.

Avec la chaire de physique expérimentale, Auguste De la Rive hérite de son prédécesseur d'une collection exceptionnelle d'instruments de mesure, objets précieux à cette époque. La technique progressant sans cesse, il fonde néanmoins en 1862, avec le botaniste genevois Marc Thury, la Société genevoise d'instruments de physique (la SIP, aujourd'hui occupée entre autres par le Musée d'art moderne et contemporain) qui aura traversé les siècles et participé au renom industriel de la ville du bout du lac. C'est cependant dans son laboratoire que le physicien genevois construit l'instrument sans doute le plus original de sa collection: la machine à produire des aurores boréales (lire ci-contre).

Auguste De la Rive se fait également connaître par l'invention d'une méthode de dorure des métaux à l'électricité, la dorure galvanique, qui permet aux horlogers de se passer du mercure utilisé jusque-là, un élément très toxique pour les ouvriers. Cette invention lui vaut en 1841

IL FONDE EN 1862 LA SOCIÉTÉ GENEVOIS D'INSTRUMENTS DE PHYSIQUE (LA SIP, AUJOURD'HUI OCCUPÉE ENTRE AUTRES PAR LE MUSÉE D'ART MODERNE ET CONTEMPORAIN)

le prix Montyon de l'Académie des sciences de Paris, qui récompense les progrès dans les opérations industrielles ou en mécanique. Il assoit définitivement sa réputation scientifique en rédigeant un *Traité d'électricité théorique et appliquée*, paru en trois volumes entre 1853 et 1858. L'ouvrage, qui devient rapidement un classique, fait le point sur la discipline à la veille des découvertes fondamentales du physicien écossais James Clerk Maxwell.

L'âme de l'Académie Comme il se doit, Auguste De la Rive est un scientifique doublé d'un homme politique engagé. Nommé deux

fois recteur, il est le rapporteur du projet de loi relatif à l'organisation de l'Académie du 16 mars 1835 qui donne pour la première fois une structure moderne à la haute école genevoise. Il insuffle une impulsion décisive à l'activité scientifique de l'institution, qu'il souhaite laïque, tournée vers le progrès des connaissances et libérée de la conjoncture économique. Une ouverture qui contraste avec sa vision très conservatrice de la société. Élu député à la Constituante en 1841 puis au

Grand Conseil en 1842-1844, il personifie la résistance au radicalisme. Après la victoire du parti de James Fazy et la révolution de 1846, il démissionne de toutes ses fonctions académiques et fonde le gymnase libre, où il enseigne jusqu'en 1853.

Il conserve néanmoins son gigantesque réseau parmi les élites européennes. En plus de ses collègues scientifiques, il correspond en effet aussi avec des penseurs tels qu'Alexis de Tocqueville ou des hommes politiques comme son cousin et ami d'enfance le comte de Cavour (un des « pères de la patrie » italienne). Il possède en particulier de nombreux contacts en Angleterre,

SIMULATEUR D'AURORES BORÉALES



PHILIPPE WAGNEUR / MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

d'où est originaire sa première femme. Et c'est justement cette particularité qui lui vaut d'être contacté en 1860 par un Conseil fédéral angoissé pour la neutralité de la Suisse en plein milieu de l'affaire de la Savoie.

Reine Victoria Une fois à Londres, Auguste De la Rive se démène sans compter pour sa patrie. Il rencontre le ministre des Affaires étrangères Lord Russel, le premier ministre Palmerston et est même reçu par la reine Victoria. Comme le précise la chercheuse Marie Bron dans un chapitre d'un ouvrage

consacré à la Savoie et ses relations avec Genève**, le Genevois parvient à susciter un élan de sympathie considérable pour la Suisse auprès des autorités britanniques aussi bien que dans l'opinion publique. Mais rien n'y fait.

En réalité, les dés sont pipés. La France et la Sardaigne mènent depuis 1858 déjà des négociations secrètes en vue de céder la Savoie et le Comté de Nice à la première. Et de fait, malgré des mises en garde anglaises, un plébiscite auprès de la population savoyarde est organisé les 22 et 23 avril 1860. Il donne une majorité écrasante à l'annexion et la France prend possession du territoire le 14 juin sans que personne ne s'y oppose.

Auguste De la Rive quitte finalement Londres le 10 avril sans avoir rien obtenu de tangible pour la Suisse.

Cela ne l'empêchera pas de poursuivre ses activités durant de nombreuses années encore avant de s'éteindre le 27 novembre 1873 à Marseille.

Anton Vos

**ÉLU DÉPUTÉ
À LA CONSTITUANTE
EN 1841 PUIS AU
GRAND CONSEIL
EN 1842-1844,
IL PERSONNIFIE
LA RÉSISTANCE
AU RADICALISME**

C'est dans son laboratoire qu'Auguste De la Rive construit l'instrument le plus original de sa collection: la machine à produire des aurores boréales. Après

plusieurs prototypes fabriqués dès 1845 (les «œufs électriques»), il élabore dans les années 1860 un appareil composé d'une grosse sphère en bois, représentant la Terre, munie à chacun de ses pôles d'un manchon en verre renfermant une tige de fer doux, à l'intérieur duquel on peut faire le vide. Dans l'air raréfié, et sous l'action d'un champ magnétique, l'instrument produit des gerbes lumineuses qui se meuvent lentement autour de la tige.

Pour le chercheur genevois, il s'agit d'une reproduction en miniature du phénomène des aurores boréales. Il suggère en effet que celles-ci sont créées par l'action du magnétisme terrestre sur des décharges électriques qui surviennent au voisinage des pôles entre la charge négative de la Terre et la charge positive de l'atmosphère. Durant quelques décennies, la théorie électrique d'Auguste De la Rive est considérée comme la plus plausible jusqu'à ce que d'autres scientifiques démontrent, avant la fin du XIX^e siècle, que les aurores boréales sont en réalité provoquées par l'interaction de molécules de la haute atmosphère avec des particules émises en grand nombre lors d'éruptions solaires et guidées par le champ magnétique terrestre vers les pôles.

Source: «La machine à fabriquer les aurores polaires», par Stéphane Fischer, Musée d'histoire des sciences

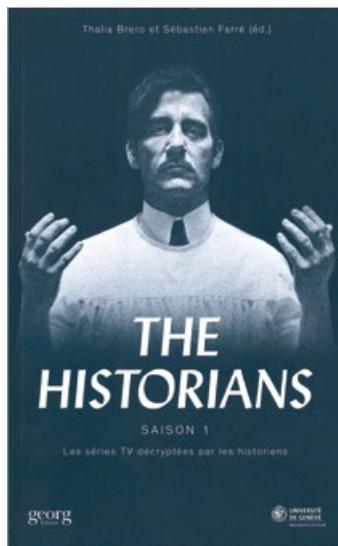
*Trois physiciens genevois et l'Europe savante, les De la Rive (1800-1920), Ed. Georg, 1990

** Savoie, ses relations avec Genève et la Suisse: actes des Journées d'étude à l'occasion du 150^e anniversaire de l'annexion de la Savoie par la France organisées à Genève, les 4 et 5 novembre 2010, éd. Schultheiss

À LIRE

L'HISTOIRE EN SÉRIES

En quoi le burlesque qui caractérise le *Kaamelott* d'Alexandre Astier fait-il écho à la tradition de la légende du roi Arthur ? Que nous disent les expériences saugrenues menées par le docteur William Masters et sa compagne Virginia Johnson sur les premiers pas de la sexologie dans l'Amérique de l'après-guerre ? Faut-il voir dans les aventures du viking Ragnar Lothbrok une métaphore des événements politiques qui ont secoué la Scandinavie au XIII^e siècle ? Reprenant les contributions présentées lors du cycle de conférence, *The Historians, saison 1*, proposé l'an dernier par les chercheurs de la Maison de l'histoire, cet ouvrage plonge dans l'univers des séries TV historiques pour en décrypter les mécanismes. Plutôt que de chercher à traquer les anachronismes ou à distribuer les bons et les mauvais points à telle ou telle production, les différents intervenants invitent le lecteur à porter un regard à la fois critique et curieux sur ce véritable phénomène culturel. Le tout en proposant quelques réflexions sur les défis qui se posent quand on cherche à reconstituer le passé sur petit ou grand écran. À suivre, la saison 2, avec au générique : *Rome*, *The Walking Dead*, *Game of Thrones*, *Le siècle magnifique*, *Penny Dreadful* ainsi que l'inoxydable *Zorro*. VM

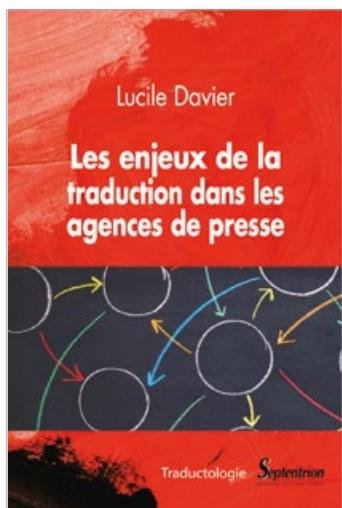


«THE HISTORIANS. SAISON 1. LES SÉRIES TV DÉCRYPTÉES PAR LES HISTORIENS», PAR THALIA BRERO ET SÉBASTIEN FARRÉ (ÉD.), GEORG, 142 P.

MÉDIAS: TRADUIRE SANS TRAHIR

Le 29 novembre 2009, la Suisse approuvait l'initiative «contre la construction de minarets». Partant de cet événement largement médiatisé en Suisse comme à l'étranger, Lucile Davier, maître-assistante à la Faculté de traduction et d'interprétation, analyse dans cet ouvrage les modalités de la traduction dans les agences de presse. Étayés par une enquête de terrain réalisée dans les locaux genevois de l'Agence France-Presse (AFP) et de l'Agence télégraphique suisse (ATS), ses résultats montrent que, portés par l'urgence de la production et le souci d'une diffusion rapide de l'information, les journalistes considèrent généralement la traduction, pourtant omniprésente dans leur travail, comme une tâche secondaire et souvent jugée rébarbative. Tâche pour laquelle ils ne sont, pour l'immense majorité, pas formés spécifiquement, l'apprentissage se faisant «sur le tas». Conséquence : une prise en compte moindre des aspects culturels liés au texte qui se double de stratégies de détournement ou d'évitement en cas d'incertitude ou de risque d'erreur. VM

«LES ENJEUX DE LA TRADUCTION DANS LES AGENCES DE PRESSE», PAR LUCILE DAVIER, PRESSES UNIVERSITAIRES DU SEPTENTRION, 334 P.



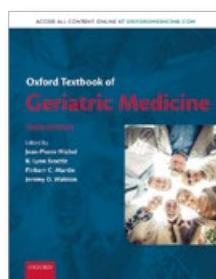
DU POUVOIR DES FRONTIÈRES

Dans un monde qui ressemble chaque jour un peu plus au «Village global» dépeint par le théoricien de la communication Marshall McLuhan à la fin des années 1960, la notion de frontière fait-elle encore sens? Plutôt deux fois qu'une, répondent en cœur les six auteurs réunis dans cet ouvrage, qui sont tous issus du Département géographie et environnement de la Faculté des sciences de la société. Selon eux, en effet, la frontière entérine rarement un ordre antérieur. Au contraire: en cloisonnant l'espace, en différenciant et souvent en opposant les

populations concernées, c'est bien la frontière qui fabrique les groupes qu'elle sépare. Visant à découper le monde en civilisations et en aires culturelles, la division du monde en continents participe ainsi de l'invention des races, avec les conséquences que l'on sait. À l'échelle des États cette fois, de par sa fonction hautement symbolique, la frontière constitue à la fois le reflet et la matrice des imaginaires nationaux. Au niveau individuel, enfin, la limite entre espaces publics et privés est une borne autour de laquelle s'agencent les rapports de genre et notamment le confinement des femmes à l'espace domestique. Servie par une riche iconographie puisant aussi bien dans l'histoire de l'art que dans la culture populaire, la propagande politique ou les archives personnelles des auteurs, la lecture de ce livre peut être complétée par un MOOC (*Massive Online Open Course*) éponyme proposé par la même équipe depuis le mois de septembre et disponible depuis la plateforme Coursera (www.coursera.org).

VM

«FRONTIÈRES EN TOUS GENRES. CLOISONNEMENT SPATIAL ET CONSTRUCTIONS IDENTITAIRES», PAR JEAN-FRANÇOIS STASZAK (DIR.), PRESSES UNIVERSITAIRES DE RENNES, 212 P.



QUAND LA FICTION PENSE LE MONDE

Dans le cadre de la 49^e session des Rencontres internationales de Genève, quatre écrivains – Erri De Luca, Petros Marakris, Kim Thuy et Boualem Sansal – étaient invités à repenser le monde à travers la fiction. Mis en forme par Michel Porret, ce petit livre permet de retrouver leurs contributions.

«Fictions. Penser le monde par la littérature», par Michel Porret (éd.), Georg, 95 p.

ÉTAT DE L'ART EN GÉRIATRIE

Jean-Pierre Michel, professeur honoraire à la Faculté de médecine, cosigne cet ouvrage de référence qui expose l'état actuel des connaissances en matière d'études sur le parcours de vie et spécifiquement sur la dernière partie de celle-ci.

«Oxford Textbook of Geriatric Medicine», par Jean-Pierre Michel, B. Lynn Beattie, Finbarr C. Martin et Jeremy D. Walston, Oxford University Press.

DIEU ET LA FIN DE L'UNIVERS

Cet ouvrage regroupant exégètes, historiens, théologiens, philosophes et éthiciens porte un regard novateur sur une question qui est au cœur de la théologie chrétienne occidentale depuis au moins un siècle: celle de la fin de l'univers.

«Game Over? Reconsidering Eschatology», par Christophe Chalamet, Andreas Dettwiler, Mariel Mazzocco, Ghislain Waterlot (éd.), De Gruyter, 452 p.

PAPIERS D'ARMÉNIE

En collaboration avec l'Université d'Oxford, l'Unité d'études arméniennes lance une collection publiée par la prestigieuse maison d'édition Brill. Baptisée «Armenian Texts and Studies», elle a pour vocation de rendre accessible une partie des milliers de manuscrits arméniens encore inédits à ce jour.

«Armenian Texts and Studies», par Valentina Calzolari et Theo Maarten van Lint, Ed. Brill, 230 p.

THÈSES DE DOCTORAT

DROIT

BRIERE, CHLOÉ FLORENCE

EU policy in the fight against trafficking in human beings: a representative example of the challenges caused by the externalisation of the area of freedom, security and justice

Dir. Roth, Robert; Weyembergh, Anne
Th. UNIGE 2016, D. 938 | Web*: 97087

CEBULAK, POLA

Judicial Activism of the Court of Justice of the EU in the Pluralist Architecture of Global Law

Dir. Levrat, Nicolas
Th. UNIGE 2014, D. 890 | Web*: 96469

UGAZ VALENZUELA, EMMA PAMELA

Assessment of state-trading enterprises treatment under the WTO Agreement: special consideration on trade in energy

Dir. Marceau, Gabrielle Zoe
Th. UNIGE 2017, D. 937 | Web*: 96502

LETTRES

BANK, EVA CHARLOTTE

The contemporary art scene in Syria 2000 - 2010: between the legacy of social critique and a contemporary artistic movement in the Arab world

Dir. Naeff, Silvia
Th. UNIGE 2017, L. 886 | Web*: 96884

BARRAS, ARNAUD

Ecopoetic metafiction: the interaction of organism and environment in postcolonial literatures

Dir. Leer, Martin Hugo
Th. UNIGE 2017, L. 889 | Web*: 96382

BERTHELOT, FRÉDÉRIQUE

Movement of and out of subjects in French

Dir. Rizzi, Luigi; Shlonsky, Ur
Th. UNIGE 2017, L. 895 | Web*: 96575

DOMINGUEZ FONSECA, MARIANA

Didactique du plurilinguisme et intercompréhension intégrée: étude de pratiques en terrain catalan et occitan

Dir. Gajo, Laurent
Th. UNIGE 2017, L. 883 | Web*: 96383

MONTEVENTI, VANESSA ALEXIA

La poésie astrologique dans la littérature grecque et latine

Dir. Schubert, Paul; Nelis, Damien Patrick
Th. UNIGE 2017, L. 887 | Web*: 97222

THORENS, CAMILLE ALEXANDRINE

Milet: histoire d'une cité libre et démocratique à la haute époque hellénistique (334-160 av. J.-C.)

Dir. Sánchez, Pierre
Th. UNIGE 2017, L. 898 | Web*: 98025

TSAITA-TSILIMENI, VASILIKI

Se narrer, se produire: identité, critique sociale et écriture littéraire chez les écrivains de la « Génération des années 1920 » en Grèce

Dir. Papanikolaou, Dimitris; Rueff, Martin
Th. UNIGE 2017, L. 892 | Web*: 98200

ZIMMERMANN, RICHARD

Formal and quantitative approaches to the study of syntactic change: three case studies from the history of English

Dir. Haeberli, Eric
Th. UNIGE 2017, L. 897 | Web*: 96500

LETTRES

FIVAZ-SILBERMANN, RUTH

LA FUITE EN SUISSE: MIGRATIONS, STRATÉGIES, FUITE, ACCUEIL, REFOULEMENT ET DESTIN DES RÉFUGIÉS JUIFS VENUS DE FRANCE DURANT LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Résultat de vingt ans de travail et se développant sur près de 1000 pages, cette thèse tente de reconstituer l'histoire des quelque 15000 juifs fuyant la France, la Belgique et les Pays-Bas, trois pays occupés ou vassalisés par l'Allemagne en mai 1940, et s'étant tournés vers la Suisse pour y trouver un havre de sécurité au cours des années 1942-1944. Ayant eu accès à des sources multiples, dont des centaines de PV d'arrestations des gardes-frontières de l'époque oubliés dans les greniers genevois du Département de justice et police, Ruth Fivaz-Silbermann passe au crible les motivations, les illusions, le parcours et les obstacles de ces fugitifs. Elle conclut par ailleurs que si la Suisse n'a pas fait mieux que les autres pays neutres pour accueillir les juifs d'Europe occidentale menacés d'extermination, elle n'a pas fait moins bien non plus. Elle n'a pas refoulé des dizaines de milliers de juifs, comme le prétendent certaines rumeurs, mais 3300 et parmi ces derniers, tous n'étaient pas inéluctablement voués à une mort certaine. Elle souligne néanmoins à la fin de sa thèse que le refoulement était en toute circonstance injustifiable.

DIR. CERUTTI, MAURO

Th. UNIGE 2017, L. 884 | Web*: 96640

MÉDECINE

ABDELAZIZ, MARWA

L'introduction de l'Indocyanine green (ICG) comme produit de contraste en médecine dentaire

Dir. Krejci, Ivo
Th. UNIGE 2017, Méd. dent. 748 | Web*: 96482

CANTIN, YOANN

La précision de l'intrados des prothèses complètes fraîchées par la méthode CAD/CAM

Dir. Muller, Frauke; Schimmel, Martin

Th. UNIGE 2017, Méd. dent. 749 | Web*: 97447

DULGUEROV, NICOLAS

Rhinophotothérapie et rhinosinusite chronique: une étude en double aveugle, randomisée et contrôlée par placebo

Dir. Landis, Basile Nicolas; Lacroix, Silvain
Th. UNIGE 2017, Méd. 10852 | Web*: 98244

CIONCA, NORBERT

Revue systématique sur le taux de survie des implants en zircone

Dir. Mombelli, Andrea
Th. UNIGE 2017, Méd. dent. 747 | Web*: 96246

LAZARCZYK, MACIEJ

Syndrome sélectif du QT long sous le traitement de risépirdone

Dir. Giannakopoulos, Pantelimon
Th. UNIGE 2017, Méd. 10856 | Web*: 96490

MARTIN, STEVE PHILIPPE

Impact des reconstructions itératives sur la quantification de l'emphysème pulmonaire par CT scanner

Dir. Montet, Xavier Cédric Rodolphe; Becker, Christoph
Th. UNIGE 2017, Méd. 10859 | Web*: 98332

MBайджол КАБРА, ЗАЧАРИА

Mise au point d'un protocole de chimiothérapie néo-adjuvante pour les adénocarcinomes du pancréas

Dir. Buehler, Leo Hans
Th. UNIGE 2017, Méd. 10851 | Web*: 96996

PIREK, DAVID

Distribution des génotypes du papillomavirus humain parmi les femmes camerounaises atteintes du cancer du col utérin

Dir. Petignat, Patrick
Th. UNIGE 2017, Méd. 10848 | Web*: 96829

PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ÉDUCATION

CHEAM, CAROLINE

Le développement de la perception haptique et visuelle de la texture chez les personnes avec le syndrome de Williams

Dir. Baránskiv, Koviljka; Gentaz, Edouard
Th. UNIGE 2017, FPSE 679 | Web*: 97572

GABOR, GYORGYI GEORGINA

Decoding, spelling, and text comprehension skills: comparative studies examining the effects of various instructional strategies targeting basic skills and text comprehension with 7-8 year-old international school students

Dir. Zesiger, Pascal Eric; Schneuwly, Bernard
Th. UNIGE 2017, FPSE 668 | Web*: 96248

HOULFORT, ALAIN

Approche clinique d'une « aide humaine » à l'intégration d'un élève présentant un handicap: trois situations d'accompagnement à l'épreuve dans un contexte scolaire français

Dir. Cifali Bega, Mireille; Pelgrims, Greta
Th. UNIGE 2017, FPSE 665 | Web*: 96977

SUTTER WIDMER, DENISE

Conception et évaluation d'un jeu vidéo en algèbre: apprentissage, motivation et usage de la visualisation dans un environnement aux représentations multiples

Dir. Betrancourt, Mireille; Szilas, Nicolas
Th. UNIGE 2017, FPSE 664 | Web*: 96378

TETTAMANTI, MANUEL

Veillissement et attention sélective: impact des stéréotypes négatifs

Dir. De Ribaupierre, Anik; Huguet, Pascal
Th. UNIGE 2009, FPSE 425 | Web*: 96828

SCIENCES**WYTTEBACH, AURÉLIEN****OBSERVATIONS D'ATMOSPHÈRES EXOPLANÉTAIRES PAR SPECTROSCOPIE DE TRANSMISSION À HAUTE RÉSOLUTION**

Des milliers de planètes extrasolaires ont été découvertes à ce jour et les moyens de mesures se perfectionnent au point qu'il devient désormais possible d'étudier l'atmosphère entourant ces objets lointains. Un des moyens pour y parvenir est la spectroscopie de transmission, une technique qui analyse la lumière filtrée par l'atmosphère d'une exoplanète, alors que celle-ci passe devant son étoile au cours d'un transit. Cette thèse pose les jalons pour une utilisation sans précédent de HARPS, un spectrographe à haute résolution. Cet instrument a en effet permis de mesurer, avec un télescope de taille moyenne, des spectres de transmission à haute résolution d'exoplanètes entrant dans la catégorie des «Jupiter chauds». L'étude des raies du sodium dans les atmosphères de HD189733b et WASP-49b en particulier ont révélé de nouvelles informations sur leur thermosphère. Des mesures originales de températures et de vents dans ces régions complètent les observations faites à d'autres longueurs d'onde ou à d'autres résolutions.

DIR. PEPE, FRANCESCO ALFONSO; LOVIS, CHRISTOPHE

Th. UNIGE 2017, Sc. 5082 | Web*: 98320

SCIENCES**ABEGG, DANIEL**

Novel chemical proteomics methods to discover targets of cysteine reactive molecules

Dir. Adibekian, Alexander

Th. UNIGE 2017, Sc. 5125 | Web*: 97724

BENVENUTI, ANTONIO

Tunnel valleys and terminal glacial systems: an integrated study approach of complex sedimentary environments

Dir. Moscariello, Andrea

Th. UNIGE 2016, Sc. 5111 | Web*: 97673

BERGERON, FRANCIS

Explaining the phenomenon of waste allocation among waste treatment operations: case studies, concepts & methods

Dir. Patel, Martin Kumar; Romerio-Giudici, Franco

Th. UNIGE 2017, Sc. 5115 | Web*: 97323

BORRAJO CALLEJA, GUSTAVO

Pd-catalyzed regio-, diastereo- and enantioselective cross-coupling reactions of dihydrofurans

Dir. Mazet, Clement

Th. UNIGE 2017, Sc. 5121 | Web*: 98602

CAMPAGNOLO, CATERINA

Surface bundles over surfaces: a study through signature and simplicial volume

Dir. Karlsson, Michelle

Th. UNIGE 2016, Sc. 4990 | Web*: 96380

CARLI, DELPHINE

Impact des aides à la décision informatisée sur la qualité des soins

Dir. Bonnabry, Pascal

Th. UNIGE 2016, Sc. 4992 | Web*: 97243

CHLIAMOVITCH, GREGOR

Information theory and maximum entropy principles in non-equilibrium statistical physics

Dir. Chopard, Bastien; Wittwer, Peter

Th. UNIGE 2017, Sc. 5078 | Web*: 96244

CREFCOEUR, REMCO PAUL

UVR8-based optogenetics and new model systems to study the DNA damage response

Dir. Halazonetis, Thanos

Th. UNIGE 2017, Sc. 4989 | Web*: 97199

GATEAU, JULIEN

Coherent control of excited states: molecular discrimination & Kramers-Hennberger states

Dir. Wolf, Jean-Pierre

Th. UNIGE 2017, Sc. 5089 | Web*: 96247

GRAMLING, JOHANNA LÉNA

Search for Dark Matter in missing-energy final states with an energetic jet or top quarks with the ATLAS detector

Dir. Wu, Xin

Th. UNIGE 2016, Sc. 5032 | Web*: 96594

GUARATO, PIETRO

Cosmological perturbations in massive gravity and bigravity

Dir. Durrer, Ruth

Th. UNIGE 2016, Sc. 4984 | Web*: 96834

KIENG, SOTTA

Stabilité à long terme des scores standards et CHC du WISC-IV: apports théoriques et cliniques

Dir. Lecerf, Thierry

Th. UNIGE 2017, Sc. 674 | Web*: 96835

LI, YANG

Measurement of the Carbon and Oxygen Fluxes and their Ratio in Cosmic Rays with the AMS Experiment on the International Space Station

Dir. Pohl, Martin

Th. UNIGE 2017, Sc. 5114 | Web*: 97448

LIPPENS, CARLA

Tolerogenic functions of plasmacytoid dendritic cells in T cell-mediated CNS autoimmunity

Dir. Hugues, Stéphanie; Picard, Didier

Th. UNIGE 2016, Sc. 4981 | Web*: 98230

MACHIDA, TAKUYA

Development of chemical protein glycosylation, multivalent carbohydrates, and folded peptide-PNA catalyst

Dir. Winssinger, Nicolas

Th. UNIGE 2017, Sc. 5118 | Web*: 97072

MARTIN, DAVID

Orbital dynamics in the analysis and observation of circumbinary planets

Dir. Udry, Stéphane

Th. UNIGE 2017, Sc. 5079 | Web*: 96325

MIROS, FRANÇOIS

Rylenediimide model systems: quantification of enolate- π interactions for anion- π catalysis

Dir. Matile, Stefan

Th. UNIGE 2017, Sc. 5076 | Web*: 98558

MOAZZAMI GUDARZI, MOHSEN

Surface forces in the presence of multivalent ions and polyelectrolytes

Dir. Borkovec, Michal

Th. UNIGE 2017, Sc. 5100 | Web*: 96381

MORVAN, XAVIER

Une généralisation non commutative des équations de recoulement de Thurston

Dir. Kashaev, Rinat Mavlyavievich

Th. UNIGE 2017, Sc. 5130 | Web*: 98330

PANOUSIC, NIKOLAOS

Omics profiling to dissect complex disease

Dir. Dermitsakis, Emmanouil; Xenarios, Ioannis

Th. UNIGE 2017, Sc. 5110 | Web*: 96329

PHAM, ANH MINH

The dimer and Ising models on non-orientable surfaces

Dir. Cimasoni, David

Th. UNIGE 2017, Sc. 5112 | Web*: 97191

SHARMA, MANISH

Experimental and theoretical studies of boron and hydrogen containing compounds in relation to potential hydrogen storage and ionic conduction applications

Dir. Hagemann, Hans-Rudolf

Th. UNIGE 2017, Sc. 5101 | Web*: 96376

SHKOLNIKOV, MIKHAIL

Tropical curves, convex domains, sandpiles and amoebas

Dir. Mikhalkin, Grigory

Th. UNIGE 2017, Sc. 5088 | Web*: 96300

SOLEIMANPOUR, SAEIDEH

Mechanosensitive membrane probes: emphasis on stable, modifiable and target-specific headgroups

Dir. Matile, Stefan

Th. UNIGE 2017, Sc. 5122 | Web*: 97666

VEROLET, QUENTIN

Planarizable push-pull systems as mechanosensitive fluorescent probes: focus on turn-on sulfide donors

Dir. Matile, Stefan

Th. UNIGE 2016, Sc. 5050 | Web*: 98312

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ**AMMARI, RANA**

Les déterminants perceptuels du comportement de don charitable: étude empirique dans le contexte suisse

Dir. Morard, Bernard; Badillo, Patrick-Yves

Th. UNIGE 2017, SdS 55 | Web*: 96974

DUVOISIN, ALINE

Les origines du baby-boom en Suisse: une approche biographique des cohortes féminines (1910-1941)

Dir. Oris, Michel

Th. UNIGE 2017, SdS 75 | Web*: 98599

VUILLE, MARILENE

Médecine, femmes et politique: histoire de doctrines et de pratiques transnationales (XX^e siècle)

Dir. Gardey, Delphine

Th. UNIGE 2017, SdS 58 | Web*: 97656

WADE, ASSANE

A framework for opinion change miniwng in social networks: tracking opinion change on Twitter

Dir. Di Marzo Serugendo, Giovanna

Th. UNIGE 2017, SdS 73 | Web*: 96289



Making Data Meaningful. Change lives.

At Roche, our success is built on innovation, curiosity, and diversity - multiplied by 94,000 professionals in 100 countries. By challenging conventional thinking and ourselves, we've become one of the world's leading research-focused healthcare companies.

Are you ready to add practical experience to your course of study?

An internship at Roche can be the perfect place to find out how your discipline looks in action. Interesting projects are taking place throughout the entire company and dedicated students from these fields of study are always in demand:

- Computer Science/IT
- Engineering
- Life Sciences

Bring along your ideas and your ability to research, develop, plan and organise.

The next step is yours.
careers.roche.ch

